1960 Collected Reprints 196

COLLECTED REPRINTS

1960

FROM THE TOKAI REGIONAL
FISHERIES RESEARCH LABORATORY

LIBRARY
SEP 6 1961
FISH & WILDLIFE SERVICE

東海区水産研究所業績集

昭和35年度

東海区水産研究所
東京都中央区月島3号地
昭和36年3月

この業績集は東海区水産研究所研究報告以外の学術刊行物に発表された業績の集録である。

The present volume consists of reprints from scientific publications other than the Bulletin of the Tokai Regional Fisheries Research Laboratory.

東海区水産研究所業績集

昭和35年度

目　次

水産資源

業績番号

中井甚二郎・本城康至・服部茂昌・木立孝・鈴木秀弥・工藤盛徳　(B-336)
ダム放水がプランクトン及びブリの餌料に及ぼす影響の予察

中井甚二郎・服部茂昌・渡部泰輔　(B-338)
尾鷲湾におけるカタクチイワシ卵及び稚仔の分布と海況との関係

野沢　靖・間庭愛信・田原陽三　(B-346)
尾鷲湾におけるブリ魚道の調査

栗田　晋　(B-322)
尾鷲湾ブリ定置漁場の塩素量とブリ漁況の関係の統計的研究およびこれに基くダム放水影響の予察

栗田　晋　(B-323)
尾鷲湾ブリ定置漁場近海の塩分および水温の水平分布とブリ漁況

海　洋

平野敏行　(B-335)
尾鷲湾における平均塩分分布の予察

漁具漁法

野村正恒・森　敬四郎・武富　一　(B-328)
二重刺網の形状におよぼす波浪の影響—波の進行方向と平行に網地を入れた場合について

水産化学及び利用

右田正男・松本重一郎・鈴木たね子　(B-272)
乾燥による魚肉蛋白質の変性について—Ⅱ.抽出蛋白の粘度および流動複屈折の変化

業績番号

東　秀雄・新間弥一郎・田口脩子　(B-327)
水産動物肝臓中の脂肪酸について—Ⅰ. 臭素化法による不飽和脂肪酸の定量
金田尚志・小山武夫・石井清之助　(B-330)
漁撈用餌料に関する研究—Ⅰ. ブリふかせ釣り用餌について
山川健重・岩崎喜久子　(B-331)
水産動物中のビタミンDに関する研究—Ⅰ. クロマトグラフによるビタミンD定量法の改良
金田尚志・石井清之助・酒井寿恵　(B-332)
γ線を照射した水産食品に含まれる油脂の性状について—Ⅱ. 包装材の差による油脂の変敗度の相違
金田尚之・金子徳五郎・梅本　滋・石井清之助・酒井寿恵　(B-337)
多脂肪魚を原料とした節類の脱脂について

海洋生物放射能調査

中井甚二郎・深井麟之助・戸沢晴巳・服部茂昌・大久保勝夫・木立　孝　(B-333)
東京湾およびその南方海域における海洋生物，海底沈積物の放射能（英文）
戸沢晴巳　(B-334)
核爆発実験による汚染魚族の放射能（英文）

TABLE OF CONTENTS

MARINE RESOURCES

Contribution Number

NAKAI, Z., HONJO K., HATTORI, S., KIDACHI, T., SUZUKI, H. and KUDOH, S. (B—336)
Prediction of influences of a power dam discharge upon plankton and food for yellowtail.

NAKAI, Z., HATTORI, S. and WATANABE, T. (B—338)
Relation between oceanographical conditions aud distribution of anchovy eggs and larvae in Owase Bay.

NOZAWA, Y., MANIWA, Y. and TAWARA, Y. (B—346)
Surveys of migratory courses for yellowtail in Owase Bay.

KURITA, S. (B—322)
Statistical analysis of relation between chlorinity and yellowtail catches in set-netting grounds in Owase Bay with reference to probable influences of a power dam discharge upon the fishery.

KURITA, S. (B—323)
Horizontal distributions of chlorinity and water temperature in set-netting grounds in Owase Bay with reference to fluctuations in yellowtail catches.

OCEANOGRAPHY

HIRANO, T. (B—335)
Prediction of mean salinity distribution in Owase Bay.

FISHING GEAR AND METHODS

NOMUA, M., MORI, K. and TAKETOMI, H. (B—328)
Influence of waves against behavior of the double drift net in the waters. The case when the net is put parallel with running wave direction.

MARINE PRODUCT UTILIZATION AND CHEMISTRY

MIGITA, M., MATSUMOTO, J. and SUZUKI, T. (B—272)
On the denaturation of fish muscle proteins by dehydration—II.
Changes in viscosity and in streaming birefringence of extractable proteins.
HIGASHI, H., SHIMMA, Y. and TAGUCHI, H. (B—327)
Studies on the fatty acids in marine animal livers—I.
Quantitative analysis of unsaturated fatty acid bromides.
KANEDA, T., KOYAMA, T. and ISHII, S. (B—330)
Studies on the bait for fishing—Part I.
An improved type of chum for yellowtail fishing.
YAMAKAWA, T., and IWASAKI, K. (B—331)
Studies on vitamin D in aquatic animals—I.
Improvement of the assay method by using chromatography.
KANEDA, T., ISHII, S. and SAKAI, H. (B—332)
Chemical properties of oils in gamma-radiated fish meat and
products—Part II. Difference of properties of the oil by various packing films.
KANEDA, T., KANEKO, T., UMEMOTO, S., ISHII, S. and SAKAI, H. (B—337)
A method for removing oils from oily "Katsuobushi"
and other dried strips.

RADIOACTIVITY OF MARINE ORGANISM

NAKAI, Z., FUKAI, R., TOZAWA, H., HATTORI, S., OKUBO, K. and KIDACHI, T. (B—333)
Radioactivity of marine organisms and sediments in the Tokyo
Bay and its southern neighbourhood.
TOZAWA, H. (B—334)
A radiochemical study of the pelagic fish contaminated by nuclear tests.

水　産　資　源

MARINE RESOURCES

尾鷲湾ダム放水の漁業に及ぼす影響の予察調査
論文集（別刷） 1960
尾鷲湾ダム放水影響調査団

ダム放水がプランクトン及びブリの餌料に及ぼす影響の予察*

中井甚二郎・本城康至・服部茂昌
木立　孝・鈴木秀弥・工藤盛徳**
(東海区水産研究所)

緒　言

熊野川水系電源開発計画により発電用水が尾鷲湾奥に放水されることに予定されたのに対し，これが尾鷲湾の漁業にどのような影響を及ぼすかを予察するために昭和31年12月から33年3月の間，観測，調査が主に現地調査班の多大な努力によって実施された．

ここには放水がプランクトンを通じて本湾の漁況に与える影響について研究した結果を報告する．

報告にあたり長期の間，試料の採集に努力された現地調査班諸氏に対し深謝の意を表する次第である．

I. 材料及び方法

プランクトン採集試料は昭和32年2月から33年3月にわたる659地点分（表1）につき図1の尾鷲湾諸地点において㊖プランクトンネット（口径45cm, 網目0.33mm）及び北原式定量ネット（口径24cm, 網目0.1mm）で垂直採集されたものである．表1の地点数は㊖プランクトンネット，北原式定量ネットの何れか一方が実施された場合も含み，32年3月から10月までは略々予定の図1の53地点において採集が行われたが32年11月以後は図1及び表1に記号をもって示した地点の採集にとどめられた．尚，◎＝St. 49，⊙＝St. 5, 15, 18, 23, 39は各調査水域の代表地点として選んだ地点でSt. 49はこの調査期間を通じて大体継続的に採集が行われているが⊙印地点は10月以降3～5日毎に定点採集が行われた．

㊖ネット試料は卵稚仔選別後の分につき湿重量を測定し代表地点のものについては更に橈脚類その他動物及び植物に大別して別々に定量しそれ等の主要出現種の査定を行った．特に優勢種或いは代表的と認められたものについて一部種別（又は種類別）に計数，重量を測定した．本調査の初期における沪水計回転数に疑問があるためプランクトン量の沪水量に対する修正は今回は総べて行われていない．

尾鷲湾定置漁場から得られたブリ胃標本は須賀利，尾鷲（桃頭），九木1号，九木2号の各定置網で漁獲された計77尾分で，又ブリの餌となる小魚の試料は九木1号網において採取，ホルマリン固定された263尾分につきその胃内容物の調査を実施した．

II. 調査水域の区分

本報告に用いた水域区分は図1に示されるように次の3水域，6小区域に別けた．

内湾域……引本浦（A区），尾鷲浦（B区）
中間域……サバル水域（C区），桃頭・行野水域（D区）

* 東海区水産研究所業績B第336号
** 現在：神奈川県水産指導所

外 湾 域……尾鷲外湾北部水域（E区），同南部水域（F区）

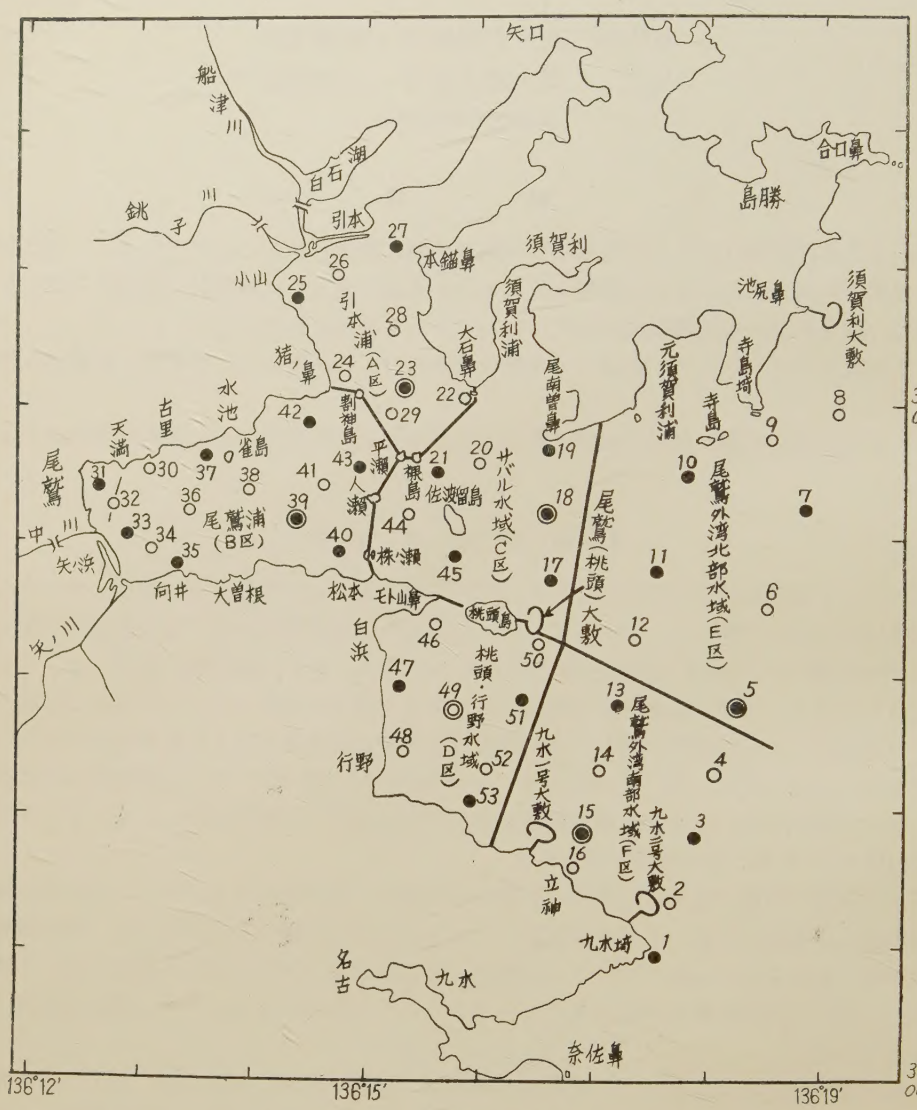


図1　水域区分及び採集地点

III.　本調査期間中におけるプランクトン量と主要出現種の分布に関する概観

1.　量分布の地域性とその主要出現種の季節変化

月別プランクトン量と主要な優勢種の地域性についての大要は次の通りである（図2）.

32年3月：内湾，中間域に孤立した濃密分布域がみられるが，大勢としては尾鷲浦（B区）南岸部から外湾域に帯状の 200～300mg/m³ の稍々濃密な水帯が存在し，一般にその南北が比較的稀薄で桃頭島を囲み 100mg/m³ 以下の稀薄域がみられた. 中間域，尾鷲外湾北部水域（E区）で

表 1　採集および試料要目表

年	月	日	地点数	回数	試料数 特	試料数 北	備考
32	2	22-28	1	4	4	2	図 1 中◎実施日 22, 24, 27, 28日
		小計	1	4	4	2	
	3	3-26	1	7	6	6	図 1 中◎実施日 3, 10, 14, 20, 22, 24, 26日
		27	1	1	1	0	〃 ○
		28-30	52	1	48	51	〃 ○, ●, ⊙
		小計	54	9	55	57	
	4	7-17	1	2	2	1	図 1 中◎実施日 7, 17日
		29-30	52	1	41	51	〃 ○, ●, ◎, ⊙
		小計	53	3	43	52	
	5	29-31	40	1	40	40	図 1 中○, ●, ⊙
		13-27	1	5	5	5	〃 ◎実施日 13, 15, 19, 21, 27日
		小計	41	6	45	45	
	6	25, 26	52	1	50	51	図 1 中○, ●, ◎, ⊙
		2-28	1	8	4	7	〃 ◎実施日 2, 4, 10, 12, 14, 22, 24, 28日
		16	1	1	1	0	〃 ●
		小計	54	10	55	58	
	7	25, 26	52	1	39	50	図 1 中○, ●, ◎, ⊙
		2-30	1	10	10	9	〃 ◎実施日 2, 4, 8, 10, 13, 16, 18, 23, 28, 30日
		小計	53	11	49	59	
	8	22-24	44	1	43	36	図 1 中○, ●, ◎, ⊙
		1, 16	1	2	2	2	〃 ◎実施日 1, 16日
		小計	45	3	45	38	
	9	19, 20	53	1	52	52	図 1 中○, ●, ◎, ⊙
		13-28	1	4	3	4	〃 ◎実施日 13, 17, 21, 28日
		小計	54	5	55	56	
	10	3-14	1	5	5	5	図 1 中◎実施日 3, 5, 9, 12, 14日
		17, 18	53	1	52	51	〃 ○, ●, ◎, ⊙
		22	5	1	5	5	〃 ●, ◎, ⊙
		26	3	1	3	2	〃 ⊙
		小計	62	8	65	63	
32	11	2	3	1	1	3	図 1 中
		5	2	1	2	0	〃 ⊙
		7	6	1	6	3	〃 ◎⊙
		15	27	1	27	27	〃 ●◎⊙
		17	1	1	1	0	〃 ⊙
		18	6	1	3	3	〃 ⊙
		22	6	1	5	1	〃 ◎⊙
		27	3	1	3	0	〃 ◎⊙
		小計	54	8	48	37	
	12	4	6	1	6	5	図 1 中
		11	6	1	5	5	〃 ◎⊙
		13, 14	27	1	27	27	〃 ●◎⊙
		18	5	1	5	4	〃 ●◎⊙
		25	6	1	5	6	〃 ⊙
		小計	50	5	48	47	
33	1	4	3	1	3	3	図 1 中
		8	6	1	6	6	〃 ◎⊙
		10, 11	6	1	6	6	〃 ◎⊙
		15, 17	27	1	27	27	〃 ●◎⊙
		18	4	1	4	4	〃 ◎⊙
		22	6	1	6	4	〃 ◎⊙
		24, 25	6	1	6	5	〃 ◎⊙
		31	4	1	4	4	〃 ◎⊙
		小計	62	8	62	59	
	2	3	5	1	5	5	図 1 中◎⊙
		7	2	1	2	2	〃 ⊙
		13, 14	23	1	22	23	〃 ○●◎⊙
		20	6	1	4	6	〃 ◎⊙
		25	6	1	6	6	〃 ◎⊙
		小計	42	5	39	42	
	3	5	2	1	2	2	図 1 中◎
		12-15	26	1	25	24	〃 ●◎⊙
		17	6	1	5	6	〃 ◎⊙
		小計	34	3	32	32	
		合計	659	88	645	647	

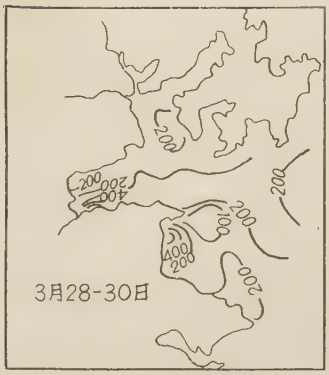
○ St. 2, 4, 6, 8, 9, 12, 16, 20, 22, 24, 26, 28, 29, 30, 32, 34, 36, 38, 41, 44, 46, 48, 50, 52,
● St. 1, 3, 7, 10, 11, 13, 17, 19, 21, 25, 27, 31, 33, 35, 37, 40, 42, 43, 45, 47, 51, 53,
◎ St. 49 (D区)
⊙ St. 5 (E区), 15 (F区), 18 (C区), 23 (A区), 39 (B区), } 各調査水域の代表地点
地点数は特北いずれか一方の採集が行われた場合も含む

は Diatom が圧倒的に多く *Eucampia zoodiacus* が優勢種であったが外湾南部水域については *Calanus finmarchicus* が多くみられ内湾域は Copepoda が主体でそのうち *Acartia clausi* が優勢を示した.

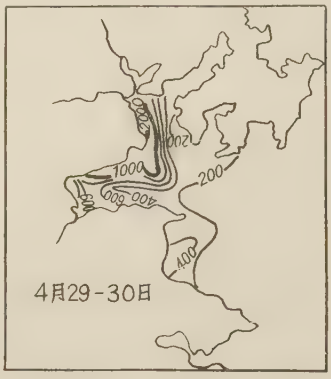
4月：尾鷲浦（B区）北岸から引本浦（A区）西岸にかけ略々三角形状の濃密域が発達し，その組成は夜光虫 (*Noctiluca*) が大部分で最高 2530mg/m³ に達した．外湾域分布密度はその1/10に過ぎないが，内湾域同様 *Noctiluca* が大部分で4月は湾全体が *Noctiluca* によって被われた.

5月：5月末のプランクトン分布密度は著るしい低下が目立ち，殆どの地点で 10mg/m³ 以下である．優勢種は4月に続き内湾域では *Noctiluca* であった．行野前附近（D区）は *Evadne nordmanni*, 尾鷲外湾北部水域（E区）は *Paracalanus parvus* となった.

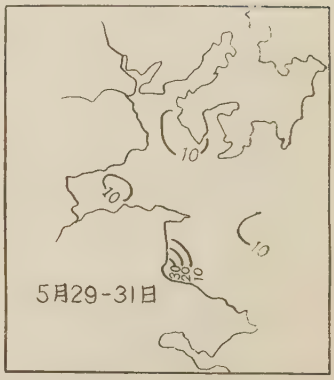
6月：プランクトン分布密度は稍回復し特に引本浦（A区）から濃密帯が南東湾口に向い舌状



A区 A.c.; B区骸; C, D, E区 植; F区C.fin.

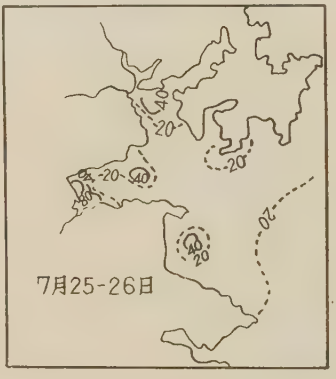


A, B, C, D, E区 Noct.

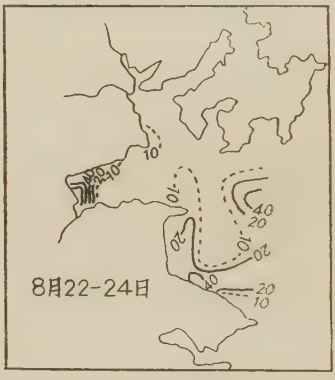


A, B, C, F区 Noct.; D区 Evad.; E区 P.p.

A, B区 P.p.; C. E区 Noct.; D区 Evad, Noct.; F区P.p., C.fin.

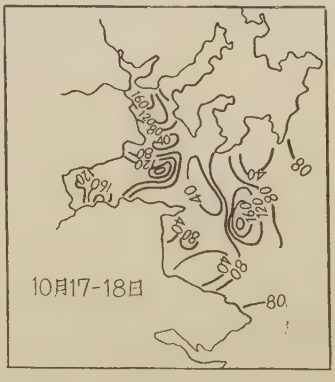


A, C区骸; B区 C. fin., S. d.; D区 Noct.; E区 C. fin.; F区 S. b., C. fin.



A区 Cent. y.; B区 A. e.; C, D区 E. st.; E, F区 C. fin.

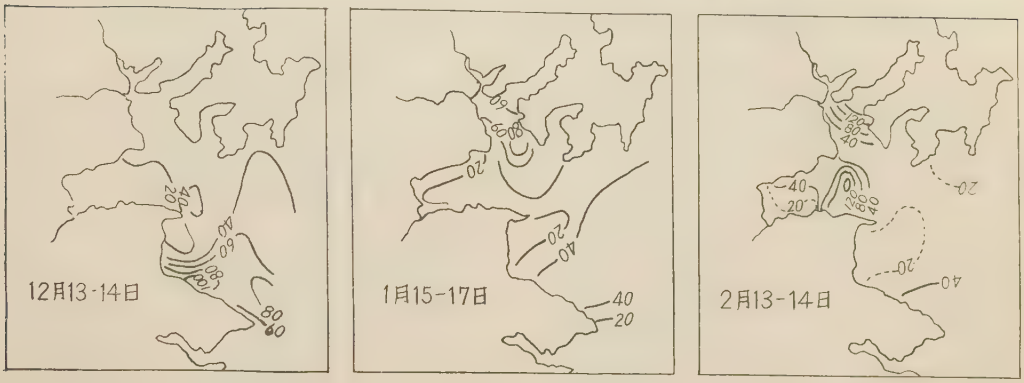
A区 E. y., S. e.; B区 A. e.; C, F区 C. fin.; D区 P. p., C. fin.; E区 E. y.



A区 Noct., P. p.; B区 Noct., C. fin.; C区 E. sc.; D. E. F区 C.fin.

A, C, D, E区 C. fin.; B区 P.p.; F区S.b.

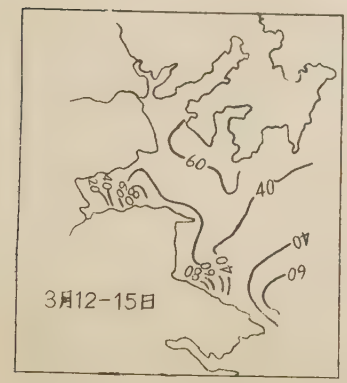
図2a　月別プランクトン量分布 mg/m³ (昭和32年3月～11月)
(水域別濃密域優勢種の略号は表2参照)



A, C, D, E, F区 C. fin.;
B区 P. p.

A区 A. h.; B, C, D, E区P. p.;
F区 C. fin.

A区槇; B区 P.p.,槇; C, D, E区
P. p.; F区 A. c.



A, B区 A. c.; C, E, F区 P. p.;
D区 A.c.,P. p,

図2b　月別プランクトン量分布 mg/m³ (昭和32年12月～33年3月)
(水域別濃密域優勢種の略号は表2参照)

を呈した．しかし尾鷲浦（B区),桃頭・行野水域（D区）は略々前月並である．これら舌状に突出した湾口の部分は前月と反対に *Noctiluca* が優勢であったが内湾域においては5月と反対に *Parac. parvus* が優勢を示した．

7月：湾内のプランクトン分布密度は再び減少し殆ど 20mg/m³ 以下となり，40mg/m³ の水域が内湾域及び桃頭附近（D区）に点在するに止った．前月迄とは異り沖合性の *C. finmarchicus* が沿岸性の *Sagitta delicata* と共に尾鷲浦（B区）に迄優勢種として出現し，中間域，引本浦（A区）は懸濁物状の plankton remains が主で *Noctiluca* は僅かに桃頭南部（D区）に残存した．

8月：プランクトン分布密度は略々前月に同じであるが外湾域から九木漁場附近の密度が稍々増加した．内湾域の優勢種は全く夏型の沿岸性の種類である *Centropages yamadai*, *Acartia erythraea* となり中間域，外湾域は *Eucalanus subtenuis*, *C. finmarchicus* 等が優勢を示した．

9月：8月に引き続いて外湾域の分布密度が大体 80mg/m³ 以上に増加して濃密分布域は外湾水域に形成された．しかしそれに伴い内湾域の分布密度も稍々多くなっている．出現種も沖合系のものが増加して外湾北部水域は *C. finmarchicus* が優勢を示し，南部水域は *Parac. parvus*, *C. finmarchicus*, *Eucalanus* の幼体等が主要なものとなった．又内湾域，引本浦（A区）は *Eucalanus* 幼体及び *Sagitta enflata* が優勢種で外海水の湾内流入が強まっている．しかし尾鷲浦（B区）は *A. erythraea* が前月に引き続いて優勢であった．

10月：中間域，外湾域のプランクトン分布密度は略々9月と同様で，内湾域は前月の2～3倍，80～100mg/m³ となった．この分布密度の増大は *Noctiluca* の局地的な発生によるもので，一方外湾域では北部（E区），南部（F区）水域とも *C. finmarchicus* が優勢種となった．

11月：湾全体が殆ど 80mg/m³ 以上となり，湾の西南側，極く沿岸に沿って 40mg m³ 以下の稀薄域がみられた．優勢種は尾鷲浦（B区）の *Parac. parvus* を除いて全湾 *C. finmarchicus* となった．

12月：中間域，内湾域及び外湾北部水域のプランクトン分布密度は½～⅙に減少し，九木漁場寄りに濃密域が形成され，前月の中間域，内湾域の濃密域は全く消失した．しかし優勢種の出現状況は11月と同じであった．

33年1月：外湾南部水域，九木漁場附近の濃密域は前月に比して分布密度が低下したがなお大勢としてその存在がみとめられ，引本浦（A区）にプランクトン密度の増加がみられ始めた．この引本浦は *Acartia hamata* を主体とし，尾鷲浦（B区）から中間域，外湾北部水域は *Parac. parvus* が優勢種となり，*C. finmarchicus* は僅かに外湾南部水域のみで優勢を示すに止った．

2月：中間域，外湾域は更にプランクトン密度が減少し約 20mg/m³ となり内湾域のみに濃密分布域が形成された．引本浦（A区）では Diatom の増殖が目立ち，湾全体は沿岸性の Copepoda である *Parac. parvus*, *A. clausi* が優勢種となった．

3月：湾全体のプランクトン分布密度は大体平均した量となり地域による著るしい密度の差は認められず 40～60mg/m³ 位を示し，内湾域は *A. clausi* が優勢種となり，その他は殆ど *Parac. parvus* が優勢を示して32年3月とは著るしいプランクトン分布性状の相違がみられた．

上記出現優勢種の地域性を便宜上次のように分類規定し，表2にその季節変化を示した．ここに規定した地域性は種類相互間の相対的出現によるものである．即ち

沿岸性：*Acartia clausi*, *A. hamata*, *A. erythraea*, *Centropages yamadai*, *Paracalanus parvus*, *Sagitta delicata*, *Evadne* sp., *Noctiluca scintillans* Diatom, plankton remains

沖合性：*Calanus finmarchicus*, *Eucalanus subcrassus*, *E. subtenuis*, *Eucalanus* 幼体, *Sagitta enflata*, *S. bedoti*

混合性：上記両者に属するものの混在

表 2　水域別，月別出現プランクトン優勢種とその分布海域についての特性

年月 / 水域	昭和32年 3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	33年 1月	2月	3月
引本浦	●(A.c.)	●(Noct.)	●(Noct.)	●(P.p.)	●(骸)	●(Cent.y.)	○(E. y.) S.e.	●(Noct. P.p.	○(C.fin.)	○(C.fin.)	●(A.h.)	●(植)	●(A.c.)
尾鷲浦	●(骸)	●(Noct.)	●(Noct.)	●(P.p.)	◉(C.fin. S.d.	●(A.e.)	●(A.e.)	○(C.fin.)	●(P.p.)	●(P.p.)	●(P.p.)	●(P.p. 植	●(A.c.)
サバル	●(植)	●(Noct.)	●(Noct.)	●(Noct.)	●(骸)	○(E.st.)	○(C.fin.)	○(E. sc.)	○(C.fin.)	○(C.fin.)	●(P.p.)	●(P.p.)	●(P.p.)
桃頭・行野	●(植)	●(Noct.)	●(Evad.)	●(Evad. Noct.	●(Noct.)	○(E.st.)	◉(P.p. C.fin.	○(C.fin.)	○(C.fin.)	○(C.fin.)	●(P.p.)	●(P.p.)	●(A.c. P.p.
外湾北部	●(植)	●(Noct.)	●(P.p.)	●(Noct.)	○(C.fin.)	○(C.fin.)	○(E. y.)	○(C.fin.)	○(C.fin)	○(C.fin.)	●(P.p.)	●(P.p.)	●(P.p.)
〃 南部	◉(C.fin. 植		●(Noct.)	P.p. C.fin.)	○(S.b. C.fin.)	○(C.fin.)	○(C.fin.)	○(C.fin.)	○(S.b.)	○(C.fin.)	○(C.fin.)	●(A.c.)	●(P.p.)

●：沿岸性　　◉：混合性　　○：沖合性

C. fin. = Calanus finmarchicus；E. sc. = Eucalanus subcrassus；E. st. = Eucalanus subtenuis；
E. y. = Eucalanus young；P.p. = Paracalanus parvus；A. e. = Acartia erythraea；A. c. = Acartia clausi
Cent. y. = Centropages yamadai；A. h. = Acartia hamata；Evad. = Evadne sp.；S. e. = Sagitta enflata；
S. b. = Sagitta bedoti；S. d. = Sagitta delicata；Noct. = Noctiluca scintillans
植 = Diatom；骸 = plankton remains

割合が略々同じか或いは同一水域内に種々の地点が存在して優勢種が何れとも決定し難い場合.

表2と前掲の図2から出現優勢種についてみると，尾鷲浦（B区）は沖合性の出現が周年を通じて極めて稀であり，引本浦（A区）も9，11，12月のみ沖合性であるのに対してサバル（C区）桃頭・行野水域（D区）では8～12月の5ケ月は沖合性，外湾域（E．F区）では更に沖合性の期間が長く7～1月の7ケ月に亘っている.

以上の大勢としてプランクトンの量及び種類の季節変化は極めて大きいが一般に濃密域は始どの月に尾鷲浦，引本浦及び九木漁場附近に存在した．これらの内湾域の濃密域優勢種は始どの場合相対的沿岸種であるのに対し，九木漁場附近は沿岸性を示した月もあるが沖合性或いは中間性の月が比較的多く，ブリ漁期（33年1～3月）では *Parac. parvus* が優勢種であった．一方尾鷲（桃頭），須賀利両漁場に濃密域の出現した月は極めて稀であった．濃密域の分布位置は流動による支配も大きく，特に九木1号附近の濃密域は渦流の形成位置に一致するものと考えられる.

2.　*C. finmarchicus* 成体の水平分布にみられる消長

水系指標種として，又魚類餌料として *C. finmarchicus* は一般に重要と認められている．北原式ネット採集物について本種成体の出現状況をみると，この調査期間内では春季の分布密度が著るしく小さく，且つ点在的にしか分布していないが秋季には相当高い分布密度がみられた．即ち図3のように32年3月，33年2，3月は *C. finmarchicus* 成体の湾内における分布は殆どみられず以

図3 a　*Calanus finmarchicus* 成体個体数分布(個体数/m³)
(昭和32年3月～8月)

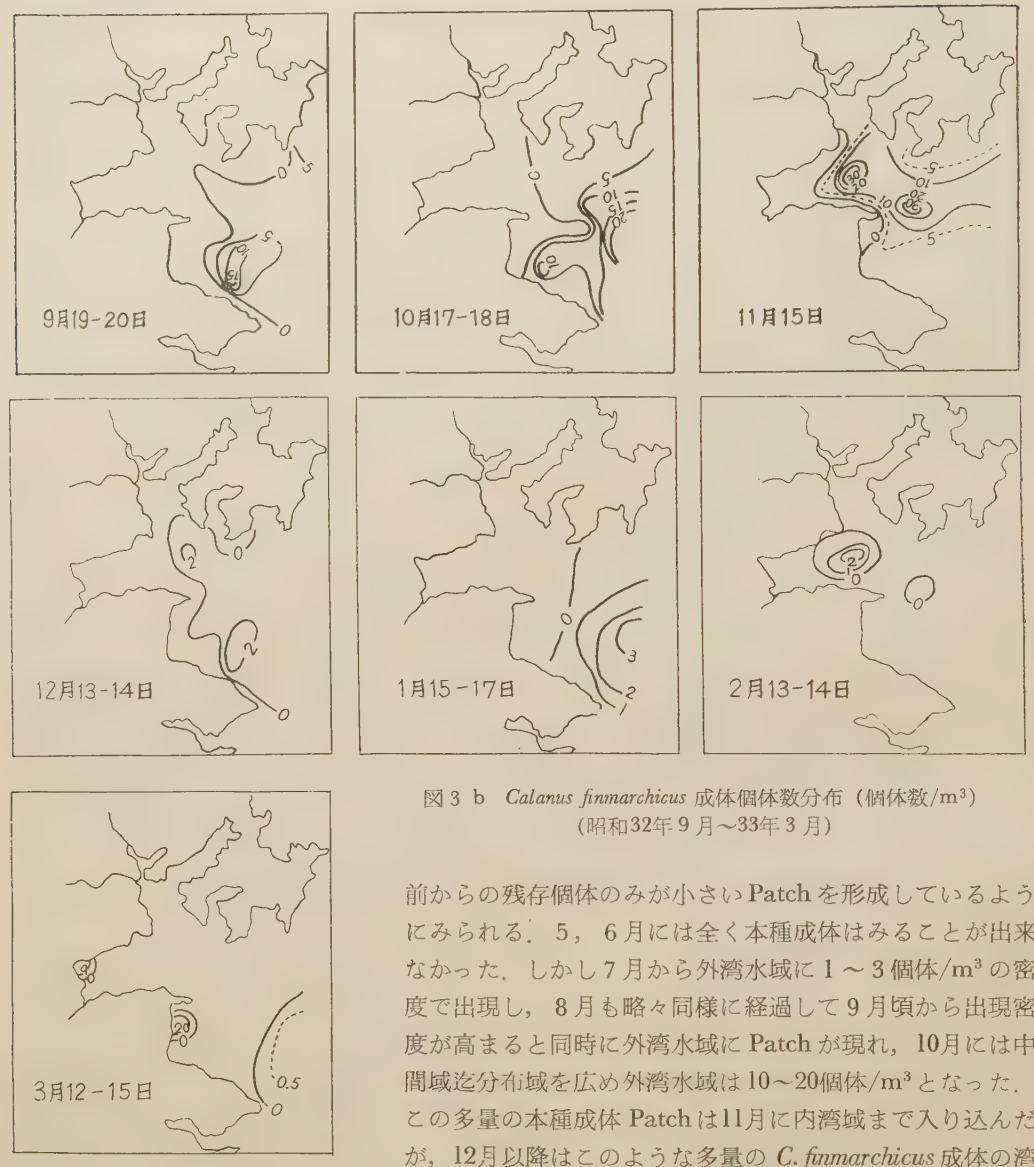


図3 b　*Calanus finmarchicus* 成体個体数分布（個体数/m³）
（昭和32年9月～33年3月）

前からの残存個体のみが小さいPatchを形成しているようにみられる．5，6月には全く本種成体はみることが出来なかった．しかし7月から外湾水域に1～3個体/m³の密度で出現し，8月も略々同様に経過して9月頃から出現密度が高まると同時に外湾水域にPatchが現れ，10月には中間域迄分布域を広め外湾水域は10～20個体/m³となった．この多量の本種成体Patchは11月に内湾域まで入り込んだが，12月以降はこのような多量の *C. finmarchicus* 成体の湾内分布はみられなくなり前述のように33年2月に内湾域で1つのPatchを形成しただけで湾内の分布密度は急減した．

3.　本調査期間における尾鷲湾外海部におけるプランクトン分布の異常について

尾鷲湾には過去のプランクトン量に関する適当な資料が見当らない．そこで昭和23年以来，東海区水産研究所或いは委託イワシ資源調査の際，尾鷲湾附近で得られた試料が今回の調査と同一の網目のネットにより採集されたものであるから，多少位置の相違はあるが32年春季の異常性を示すためにその資料と今回のSt. 49の資料とを比較して図4に示した．

昭和23～31年のプランクトン量は何れも大部分100mg/m³以下で僅かに昭和28年3月のみが200mg/m³の1例があるだけで，この特例もその組成が殆ど *C. finmarchicus* のみで植物プランク

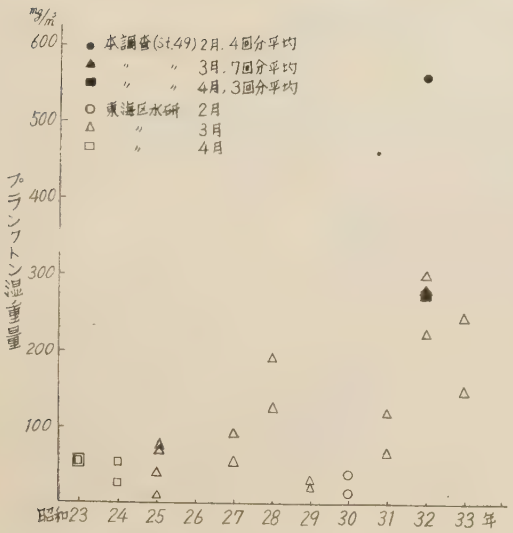


図4　尾鷲湾内外2～4月におけるプランクトン湿重量の経年変化
(昭和23～33年)

トンは殆ど無視出来る位の量に過ぎなかった．しかるに32年2，3月には下記のように植物プランクトンを主体とする異常分布が明かに認められる．又33年3月の分布量は28年に近い状況であって稍々異常と云うべきであろう．この時も尾鷲湾口附近の優勢種は *C. finmarchicus* であった．尚31年～33年に亘る遠州灘，熊野灘の東海区水産研究所蒼鷹丸による調査結果を図5に示した．図4は本報告と同じ単位をとって示したが図5は植物プランクトンの発生状況が32年春季において如何に異常であったかを示すために沈澱量(cc)をもって0・150mの採集量のままで示してある．図4に示した結果から31年春季のプランクトンの分布量を平年状態とすれば尾鷲湾外海の32年3月の分布量は沈澱量で平年の10倍に近いと云う肖てない異常をみたことにな

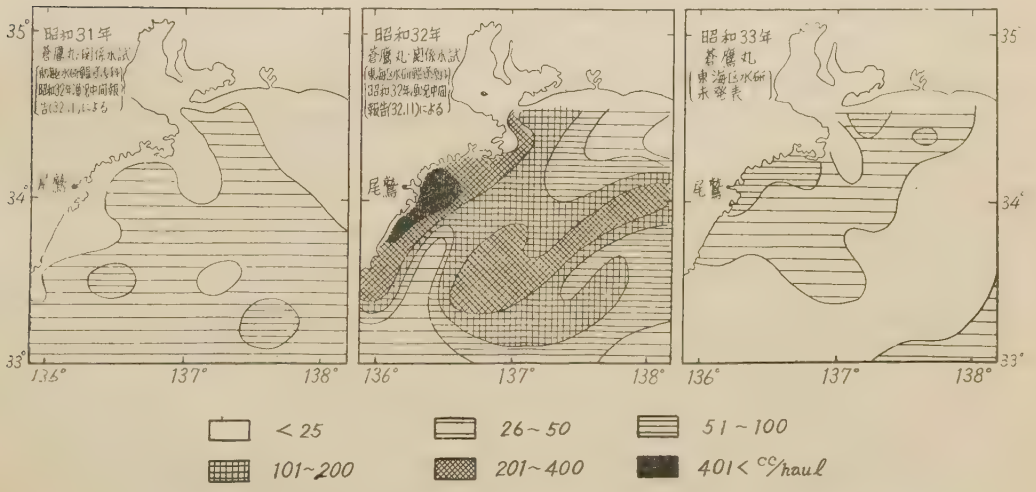


図5　昭和31年，32年，33年3月熊野・遠州灘海域におけるプランクトン量分布 (沈澱量cc/haul)
(60cmプランクトンネットによる，伊勢湾を除く)

り，33年3月はそれ程大きい異常とは云えないが沿岸部の沈澱量は平年状態の2～3倍となっている．しかも前述の様に32年の極端な例は同時に遠州灘冷水塊，黒潮の消長その他海況の異常を裏書きするものであり，ブリその他諸生物の分布，回遊或いはその発生などにも多少にかかわらず影響を与えたものと考えられ，現に当時の熊野外海においてはカタクチイワシの不漁，4月のイカ十一の例年にない来遊等，漁況にも注目すべき事象がみられた．

IV.　ブリ並びにブリの餌となる小魚の餌料

1.　ブリ餌料の出現状況

須賀利，尾鷲（桃頭），九木1号，2号の各網において採取されたブリ胃内容物標本は表3の77尾である．この内，23尾は空胃であり，胃内容物を調査し得たものは残りの54尾であった．

表3　ブリ胃内容物標本要目

漁場	標本尾数	空胃数	漁獲時期
須賀利	7	2	32年2月14日～4月12日
尾鷲(桃頭)	23	6	32年1月31日～4月28日 33年2月28日
九木　1号	24　(内夏網　20)	9　(内夏網　7)	32年1月17日～2月4日 〃　7月10日～11月18日
〃　2号	23　(〃　17)	6　(〃　5)	〃　1月　9日～6月1日 〃　8月　1日～11月8日
計	77　(〃　37)	23　(〃　12)	

出現した餌の種類はカタクチイワシ，キビナゴ，マアジ，サバ，タカベ，イカナゴ，アナゴ稚魚とみられるレプトセファルス，イカ類等であるが，それらの出現総個体数295の食餌出現率（種類別出現餌尾数/餌尾数計）はイカナゴ49.8%（147尾）が最も多く，マアジ24.4%（72尾），カタクチイワシ15.9%（47尾）が主なものである．このうちカタクチイワシは体長10cm以上のものが主体を占めているから大体成魚が主な餌となっていると認められる．しかし食餌別ブリ摂餌率（種別摂餌ブリ尾数/ブリ尾数計）についてはマアジ31.5%が最多であり，次いでカタクチイワシの22.2%，イカ類の14.8%が多く，イカナゴは尾数では最も多かったが13.0%に過ぎない．イカナゴに起った両者の率の不一致については後に述べるように本種の胃内容物としての出現時期が4月に集中していることによるものであろう．サバは九木2号網に於いてのみ出現して意外に少かった（表4）．

表4　ブリ胃内食餌種別出現数及び体長

種類	体長 cm (測定可能のもの)	餌尾数	食餌出現率	ブリ尾数	食餌別ブリ摂餌率
カタクチイワシ	5.0～14.0	47(内夏網7)	15.9%	12	22.2%
キビナゴ	5.0～8.5	7(〃　7)	2.4	2	3.7
マアジ	2.0～16.0	72(〃　23)	24.4	17	31.5
サバ	5.0～13.0	3	1.0	2	3.7
タカベ	5.6	1	0.3	1	1.9
イカナゴ	4.6～10.3	147	49.8	7	13.0
Leptocephalus (アナゴ?)	8.3	3	1.0	1	1.9
イカ類	—	10(内夏網1)	3.4	8	14.8
種不明魚	—	5	1.7	2	3.7
その他	—			2	3.7
計	—	295	99.9	54	100.1

備考　食餌出現率とは$\frac{\text{種類別出現餌尾数}}{\text{餌尾数計}}$，食餌別ブリ摂餌率とは$\frac{\text{種別摂餌ブリ尾数}}{\text{ブリ尾数計}}$を示す

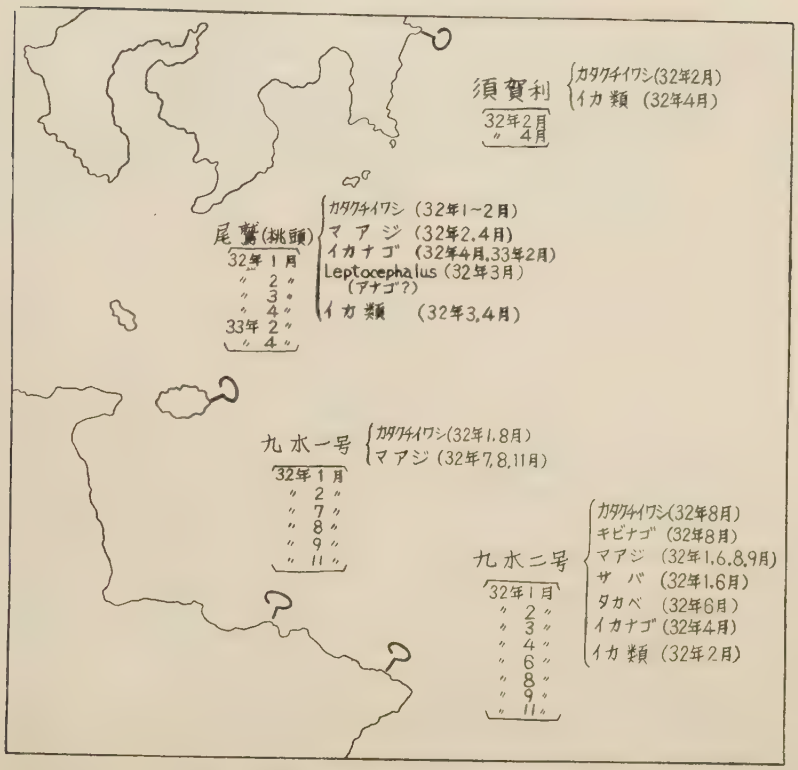


図6　漁場別ブリ胃内食餌種類及び出現時期
〔〕内は標本採取月

標本は各漁場からの系統抽出ではないが一応これらの餌料種の出現時期を漁場別に図6に示した．4漁場に共通して得られたカタクチイワシは1，2月と8月のみである．マアジは須賀利を除く各漁場で得られ出現時期は一定していない．イカナゴは2月に少量出現しその他大半は4月に得られており前述，32年4月のイカナゴの例年にない来遊を裏付け，イカ類は2～4月に限られている．

2.　ブリの餌となる小魚の餌料

前述のブリ胃内容物中から得られた小魚の試料中その食餌を調査し得る状態のものは32年1月～33年3月の間4漁場で54標本に過ぎず，従がってその餌となるプランクトンと出水の関係を充分には追求することが出来ないため，九木1号網において採取された小魚の標本，マアジ，サバ，カタクチイワシにつきその胃内容物を調べ表5，6にその結果を示した．

これ等によると上記の小魚類（殆どマアジであったが）は夏季6～8月には沿岸性のプランクトンを，秋季9～11月には混合性又は沖合性のものを，そしてブリ盛漁期の冬季2，3月には沖合性のプランクトン（主として *Euphausia* の幼体，*C. finmarchicus* III—VI stage）を餌としている．即ちこの季節変化は特に冬季のブリ盛漁期において前記プランクトン優勢種の出現状況と全く相反している．このことは大部分の小魚試料がマアジであり，ブリ漁期（33年2～3月）のものは何れも中～大型のアジで，これが *C. finmarchicus* 等を選択摂餌したためとも考えられる．し

表 5　小魚餌料の海域性比の季節変化

九木1号：小魚263尾｛アジ 223尾 / サバ 36〃 / カタクチ 4〃｝　餌料の海域性比 = 海域性別餌料摂餌小魚数 / 供試小魚数　(太字は主要な比)

餌プランクトン ＼ 年月	昭和32年 5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	33年 1月	2月	3月
沿岸性	4/17	**14**/**27**	**26**/**60**	**7**/**20**	0	0	2/28	**4**/**5**	—	2/28	2/42
混合性	0	0	3/60	5/20	**20**/**28**	1/8	**8**/**28**	0	—	0	2/42
沖合性	**6**/17	5/27	2/60	2/20	5/28	**7**/**8**	**7**/**28**	0	—	**21**/**28**	**21**/**42**
其の他	7/17	8/27	29/60	6/20	3/28	0	11/28	1/5	—	5/28	15/42
アジ 尾数	0	23	37	14	27	9	28	5	—	28	42
アジ 体長範囲 cm		4.2～17.2	5.0～11.7	8.3～11.6	7.5～11.2	10.6～13.3	10.0～13.9	5.5～7.6	—	11.7～17.1	11.3～17.2

表 6　海域性別の主要餌料プランクトン季節変化
九木1号小魚胃内容物（表5対照）

餌プランクトン ＼ 年月	昭和32年 5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	33年 1月	2月	3月
沿岸性	Cirr. naup. Cory. jap.	P. p., A. sp. Cirr. naup.	Cirr. naup. Pen. sch. P. p.	Cypl. l. Micr. sp. Cirr. naup.	—	—	Onc. ven. Cypl. l. Cory. jap.?	Onc. rem. Evad. sp. Cirr. naup.	—	Caprella A. sp. Cirr. naup.	P. p. A. sp. Cypl. l.
混合性	—	—	P. p. Lucf. ray. Onc. ven.	Tem. dis. E. c. Micr. sp.	E. c., C. f. Onc. ven. Caprella	E. c. Lucf. ray. Cirr. naup.	P.p., E. c. C.f., S.rem. Caprella	—	—	—	A. rem. Cand. sp. E. j. egg
沖合性	Salpa rem. Fish rem.	Lucf. ray. S. rem. Euph. rem.	Fish egg O. plum.	Euph. rem. Cand. sp. Euch. sp.	E. j. pl. E. c., C. f.	C. f. E. sp. Rhc. nus.	C. f. E. sp. Rhc. cor.	—	—	Euph. pac. C. f.	Euph. rem. Lucf. ray. C. f.
其の他	鱗 空胃	rem. ? 鱗	空胃 rem. ? 鱗	空胃 rem. ?	鱗	—	rem. ? 空胃	鱗	—	鱗	rem. ? 鱗

沿岸性
P. p.＝Paracalanus parvus, A. e.＝Acartia erythraea, A. sp.＝Acartia sp., A. rem.＝Acartia remains
Micr. sp.＝Microsetella sp., Cory. jap.＝Corycaeus japonicus, Onc. ven.＝Oncaea venusta Onc. sp.＝Oncaea sp.,
Cirr. naup.＝Cirripedia nauplius, Cypl. l.＝Cyplis form larvae, Pen. sch.＝Penilia schmackeri, Evad. sp.＝Evadne sp.
沖合性
C. f.＝Calanus finmarchicus, C. sp.＝Calanus sp., E. c.＝Eucalanus subcrassus E. sp.＝Eucalanus sp.,
Cand. sp.＝Candacia sp., Euch. sp.＝Euchaeta sp., O. plum.＝Oithona plumifera Rhc. nus.＝Rhincalanus nustus,
Rhc. cor.＝Rhincalanus cornutus, Tem. dis.＝Temora discaudata, Euph. pac.＝Euphausia pacifica, Euph. rem.＝Euphausia remains,
Lucf. ray.＝Lucifer raynaudii, E. j.＝Engraulis japonica, S. rem.＝Sagitta remains.
混合性　本文参照 (140頁)

かしマアジを主体とした上記の小魚餌料の調査結果がもしSamplingの偏りによるものでないとすると，これらの小魚が特に沖合性種の選択摂餌をしたものか或いは沖合で沖合性の餌を摂り，その後急に沿岸に来遊し漁場で漁獲されたかの何れかであろうが，この段階ではその何れとも明らかでない．尚ブリの餌魚の胃内容物を調らべた少数の結果によると32年4月尾鷲（桃頭）漁場でのイカナゴは *C. finmarchicus* （III—VI Stage）を飽食し，33年2月下旬，同じく尾鷲（桃頭）漁場から得られたイカナゴの少数例は *A. clausi* が優勢餌料で後者は全くネットプランクトンと一致している．

V.　自然出水量に応ずるプランクトンの変化

1.　表面塩素量とマクロ・プランクトン量との関係

水域別，月別のプランクトン量，表面塩素量の季節変化（表7，8，図7），全域にわたるそれ等の平均値の季節変化（図8）および本調査期間中最も継続的に採集の行われたSt. 49のプランクトン量，表面塩素量の季節変化（図9）等によって巨視的にみると降水の大きい5～9月中旬までの間は表面塩素量の値も低くプランクトン量（mg/m³）も少い．それより前の期間即ち32年4月頃までの降水量が少く，塩素量が高い間はプランクトン量も著しく多い．9月中旬頃塩素量が増加し始めてからプランクトン量も次第に増加して来ている．しかし比較的高い塩素量の維持された33年冬季（1～2月）のプランクトン量は最低の5～8月よりも多いが9～11月よりもむしろ減少している．調査全期間中の水域別平均プランクトン量と水域別平均表面塩素量との関係（図10）をみると大体高鹹の部分に高いプランクトン量が現れ両者の間に正相関がみられる．しかしながら前に述べたように32年3月は熊野灘沖合沿岸にわたって異常な植物プランクトンの大発生が起り，又同年4月は尾鷲湾内において *Noctiluca* の多量発生があったこと等の理由で，図10中のその期間のものを除外すると必ずしもプランクトン量と塩素量との相関関係は著し

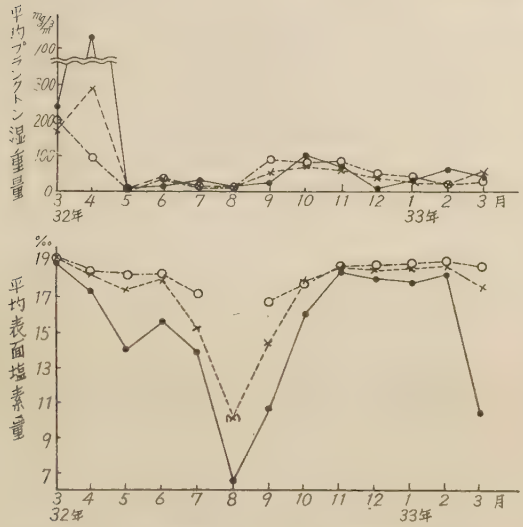


図7　水域別平均プランクトン湿重量および平均表面塩素量の季節変化
•——• 内湾域，×　　×　中間域
○－－－○ 外湾域

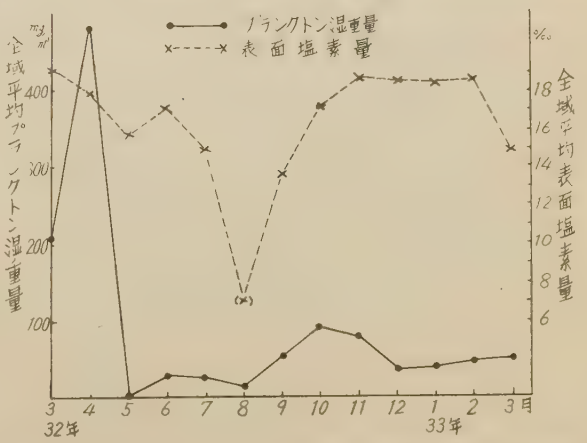


図8　全域平均プランクトン湿重量と表面塩素量の季節変化

表 7　水域別，月別平均プランクトン湿重量 (mg/m³)

水域＼年月日		32年3月 28, 29, 30日	4月 29, 30日	5月 29, 30, 31日	6月 25, 26日	7月 25, 26日	8月 22, 23, 24日	9月 19, 20日	10月 17, 18日	11月 15日	12月 13, 14日	33年1月 15, 17日	2月 13, 14日	3月 12, 13, 15日	平均
内湾	引本浦	200	890	5	27	21	4	34	85	69	26	72	84	63	122
	尾鷲浦	264	625	6	12	37	25	23	119	83	12	22	63	40	102
	平均	238	731	6	17	31	17	27	107	79	16	35	68	46	109
中間	サバル	156	263	1	60	15	11	26	102	95	34	37	29	57	68
	桃頭・行野	180	313	7	19	32	18	81	48	34	49	26	15	65	68
	平均	169	292	5	34	19	14	53	75	64	41	32	22	61	68
外湾	北部	226	99	6	37	14	19	105	98	109	45	43	20	33	78
	〃 南部	180	—	0+	32	25	17	76	71	70	66	44	34	41	55
	平均	201	99	3	35	18	18	92	85	90	55	44	27	37	62
全域		208	483	5	28	25	16	54	91	78	35	37	46	48	89
平均濾水率		0.40	0.66	0.66	0.61	0.52	0.71	0.77	0.56	0.62	0.65	0.58	0.59	0.54	0.65

表 8　水域別，月別平均表面塩素量 ($Cl‰$)

水域＼年月		32年3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	33年1月	2月	3月	平均
内湾	引本浦	18.92	17.04	12.67	15.53	13.18	4.28	9.94	16.60	18.47	18.53	17.90	17.22	9.56	14.60
	尾鷲浦	19.13	17.52	14.75	15.73	14.37	7.45	11.20	15.80	18.53	17.81	17.96	18.92	11.04	15.40
	平均	19.01	17.35	14.02	15.66	13.90	6.50	10.74	16.09	18.51	18.08	17.94	18.31	10.55	15.13
中間	サバル	19.21	18.29	16.70	17.78	15.11	10.05	12.51	17.75	18.65	18.61	18.48	18.77	17.43	16.87
	桃頭・行野	19.21	18.31	17.87	17.99	15.66	—	16.10	18.10	18.71	18.62	18.84	18.94	18.03	18.03
	平均	19.21	18.30	17.37	17.89	15.25	10.05	14.42	17.94	18.68	18.61	18.67	18.86	17.70	17.15
外湾	北部	19.23	18.53	17.99	18.36	17.19		16.88	17.88	18.75	18.86	18.99	19.09	18.96	18.39
	〃 南部	19.23	18.36	18.43	18.17	17.14	—	16.46	17.76	18.76	18.87	18.97	19.05	18.84	18.34
	平均	19.23	18.45	18.26	18.26	17.17	—	16.67	17.82	18.76	18.87	18.98	19.07	18.89	18.37
全域		19.15	17.95	15.77	17.08	14.99	7.09	13.57	17.14	18.63	18.45	18.42	18.62	14.92	16.67

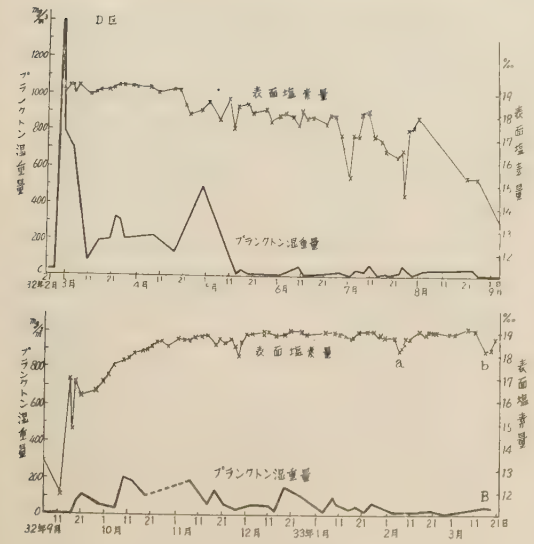


図9　St. 49 における表面塩素量とプランクトン量の季節変化
（昭和32年2月～33年3月）

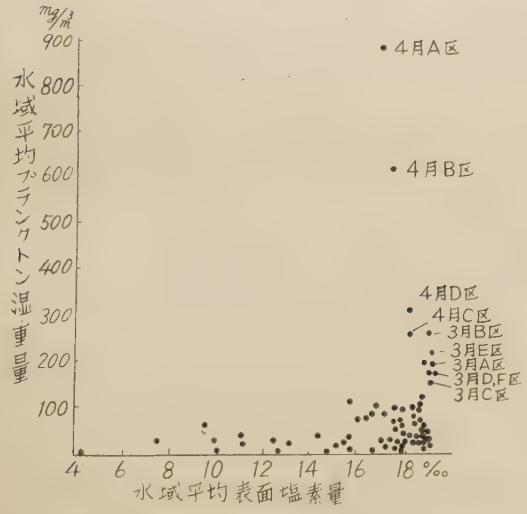


図10　水域平均表面塩素量と平均プランクトン量との関係
（昭和32年3月～33年3月）

いものではない．ただ傾向としては正相関がみられるようである．

もっとも32年9月までの本調査におけるプランクトン採集はいずれの月も自然出水に対応して行われていないために自然出水量とプランクトン量との関係は一般趨勢からみて微弱な正相関の傾向が認められるというにとどまり仔細に分析することは困難である．しかし10月以降は各水域の代表地点において大体3～5日毎に採集が行われたので，この期間について地点別に両者の関係をみると秋季10～11月末までの間は大体正相関が認められる（図11）．

一方ブリ漁期に入ってからの33年1～3月中旬においてはむしろ逆相関が現われている（図12, 13, 19）．特に2月上旬並びに3月中旬の自然出水に対応して各地点に現われた表面塩素量の谷 a, b が内湾域の引本浦（A区St. 23），尾鷲浦（B区 St. 39）では1両日おくれてプランクトン量の山 A, B に対応し，塩素量の谷 b に対しては中間域，外湾域ともに採集された全地点でプランクトンの山 B に対応し，この期間今回程度の自然出水による塩素量の低下では他の季節とは反対にプランクトン量が増加することを明らかに示しているといえよう（図9，12, 13）．ただこの場合上の各図は内湾にその傾向が強く，外湾に出るに従ってその影響は次第に不明瞭となってくる事実も示している．

何れにしても塩素量の変化の最も大きい内湾部においてプランクトン分布密度の変化も亦最も甚しいことは自然出水がプランクトン量に大きな影響を与える事実を示していると認められる．

尚，後に述べるように St. 23, 39（内湾域）のプランクトン量の山が九木1号，2号，尾鷲（桃頭）のブリ漁獲量と対応しているようにみられることは注意を要する．

2.　表面塩素量と *Acartia* 属及び *Calanus finmarchicus* の消長．

33年1～3月において自然出水とプランクトン量との間に逆相関の関係がみられたが，それはプランクトン優勢種の水平分布の結果から *Acartia* 属（*A. clausi*, *A. hamata*）が主要な要素である

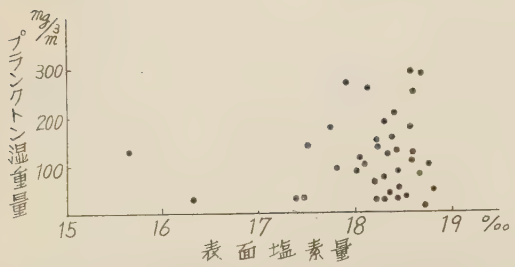


図11　表面塩素量とプランクトン量との関係
(昭和32年10月11日～11月30日
St. 5, 15, 18, 23, 39, 49)

と認められる．各代表地点における *Acartia* 属の成体の出現状況は尾鷲浦，引本浦の St. 39，23に最も多く1月中旬 (*A. hamata*)，2月上旬 (*A. clausi*)，3月中旬 (*A. clausi*)に分布の山があり，時期を追って本種の Community が次第に外湾域に向かって増大拡張したことがみられる（図14)． これら6定点の表面平均塩素量と上記 *Acartia* 属の成体と幼体の出現比は2月以降においてプランクトン量同様逆相関の傾向を示している（図15)． 尚本属の分布密度の高い St.23とその低い沖側の St. 5，15との塩素量の垂直分布は2m以深に於いて殆ど同じである（図16)． 即ち自然出水に

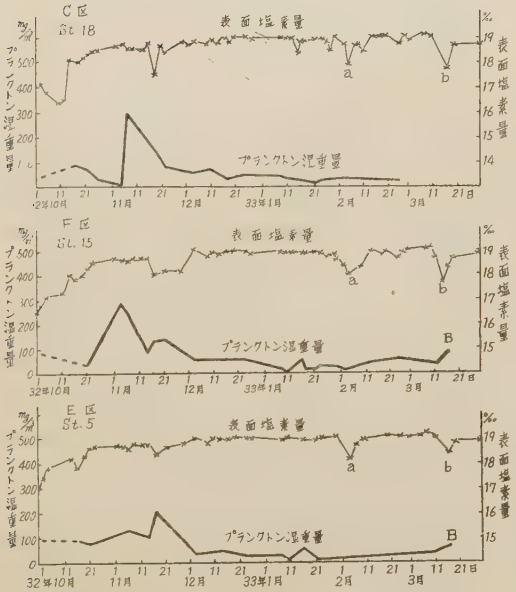


図12　C，E，F区代表地点における表面塩素量とプランクトン量の季節変化
(昭和32年10月～33年3月)

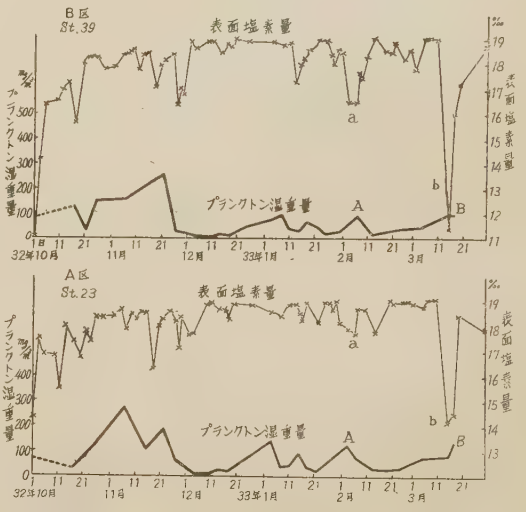


図13　A，B区代表地点における表面塩素量とプランクトン量の季節変化
(昭和32年10月～33年3月)

対応して本属主に *A. clausi* は成体への脱皮成長が促進されるとみられ，しかも表層の低鹹化が *Acartia* 属の成体組成を漸時増大せしめる一因となっていることを示している．

C. finmarchicus 成体の濃密域の地域性と塩素量の月別水平分布（尾鷲湾表面塩素量分布図，第4集）によると本種成体は低鹹域を避ける傾向が認められ高鹹水が内湾に入り込んだ時は本種成体も内湾深く分布し（例：図3．11月)， 孤立高鹹域が沿岸に存在する時は本種成体もその水団中に孤立分布して（例：図3．9，2月）外洋水の接岸如何が本種成体の湾内分布を決定している．前記6定点の表面塩素量の谷 a, b が起った期間(表9の第2期・第4期)及びその前後の高鹹期（第1期・第3期）における本種各 stage 組成をみると成体が低鹹期に減少するに反して Copepodid stage 中最も若令の I stage は逆に増加している(表9)．又この I stage を基準とした各 stage の個体数指数は何れの stage においても塩素量18.5‰以上において急昇している(図17)．

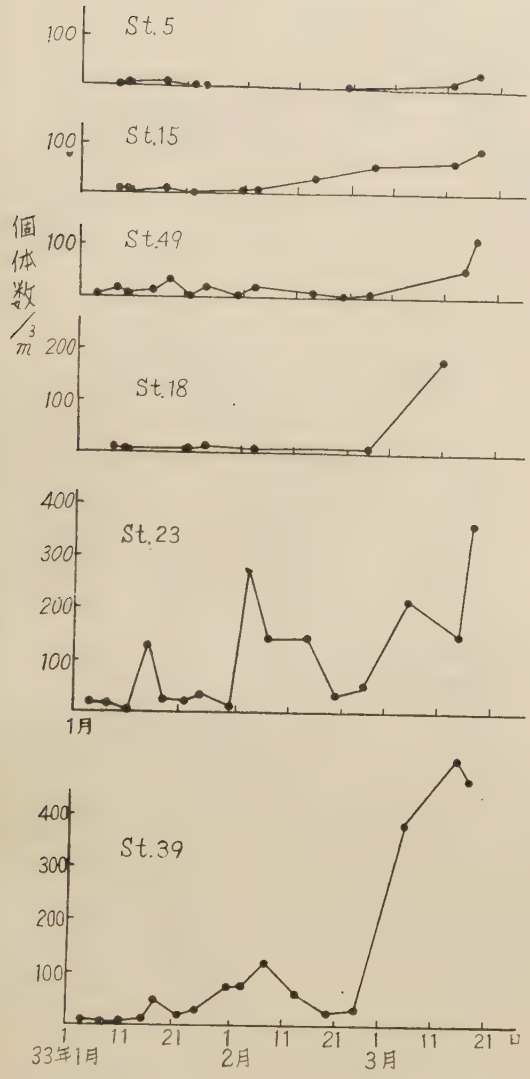


図14　代表地点における *Acartia clausi*, *A. hamata* 成体個体数分布　個体数/m³ ㊨ ネット

表面塩素量の変化と *C. finmarchicus* Ⅲ—Ⅵ stage の出現状態とを比較すると，33年の上記3漁場冬網の合計では過去の平均より少いが1000尾以上の漁獲のあった2つの山がみられ，1000尾以上漁獲のあった時は *C. finmarchicus* Ⅲ—Ⅵ stage の消長にあらわれた山に関連しているようにみられる．このことは小魚類殊にマアジがブリの場合と異り外洋水の突込みの場合とか沿岸水の流入の場合においてこのことは本種が低鹹期において生残りが小さいか或は脱皮が抑制されているか何れかによるものと考えられる．従って低鹹化特に第4期に起った塩素量の如きは *C. finmarchicus* の成長・生産に有利な条件ではないとすべきであろう．

Ⅵ. プランクトンの消長とブリ漁況との関係

小魚主にマアジの餌及びブリ胃内容物中の小魚の餌としてはブリ漁期（冬網）においては *C. finmarchicus* の幼・成体が多いことが観察された．又プランクトン優勢種の出現状況と海況調査からの模式流系(坂本)によるとSt. 23は一般的にいって尾鷲湾北側から流入する外洋水の影響を最も直接的に受けているとみられるので，本地点における本種Ⅲ—Ⅵstageの増加は尾鷲湾内への外洋水の接岸状況の指標となると共にひいてはマアジが湾奥迄入り込む一条件をも指示しているといえよう．

ブリの過去23ケ年の冬網時期における旬別平均漁獲量は須賀利を除いた九木1，2号，尾鷲（桃頭）の3漁場において2つの漁獲量の山がみられている．図18についてSt. 23の

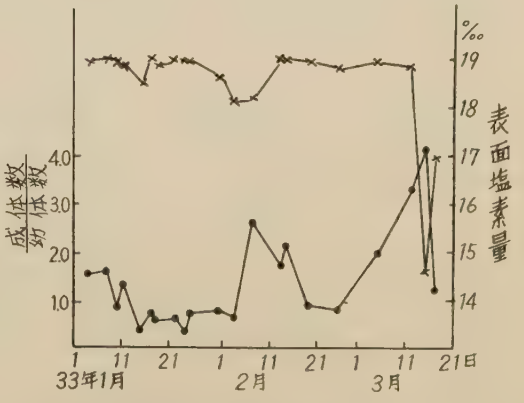


図15　代表地点における日別 *Acartia* 属成体，幼体割合 (St. 5, 15, 18, 23, 39, 49, ㊨ ネット)
・—・ 成体数/幼体数，×——×表面塩素量

表 9　代表6地点における高低鹹期別 *C. finmarchicus* 全個体数に対する I 及び VI stage 平均個体数組成

期間（月　日）	第 1 期 (I.4～I.25)	第 2 期 (I.31～II.7) *Cl* 谷：a	第 3 期 (II.13～III.5)	第 4 期 (III.12～III.17) *Cl* 谷：b
平均塩素量 cl‰	18.89	18.26	18.91	16.65
Stage I	20.6%	47.2%	21.7%	57.1%
〃 VI(우소)	4.6	0.4	4.6	0.3

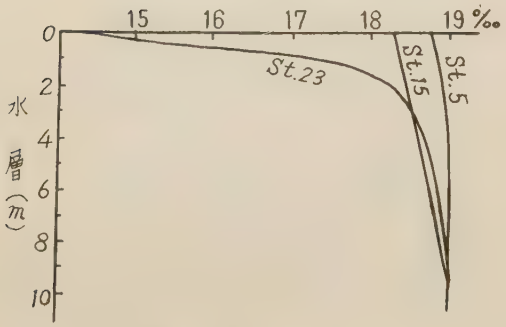


図16　低鹹期 b (III.12～17) における塩素量垂直分布例

て特に来遊割合に著しい相違が現われていない(宮崎)とすると，尾鷲外海にブリの来遊があった際ブリ魚道調査(野沢等)に述べられている寺島埼から立神沖に向うブリの回遊路が内湾寄りに接岸する可能性が，*C. finmarchicus* III—VI stage の分布密度とその水平分布如何によって生じることを示している．

前に述べたプランクトンの山A，Bがブリ漁獲量と対応しているようにみえるということは，そのプランクトン量の山が沿岸性の種類である *A. clausi* の増加によるものであれば一見矛盾した結果である．しかし中間域の尾鷲（桃頭）漁場におけるブリ胃内容物小魚（イカナゴ）の餌の少数例によれば *A. clausi* が餌の優勢種として出現し，又マアジの中にも餌として出現している．このことは上記表面塩素量の低下に基づいて *A. clausi* のような沿岸性の Copepoda の量が増加した場合，之等沿岸性のプランクトンは *C. finmarchicus* や *Euphausia* の幼体程にはマアジの索餌回遊に対する積極的な餌料価値をもたないが少くなくともこれ等小魚の滞遊には餌として関与することを示していると見る

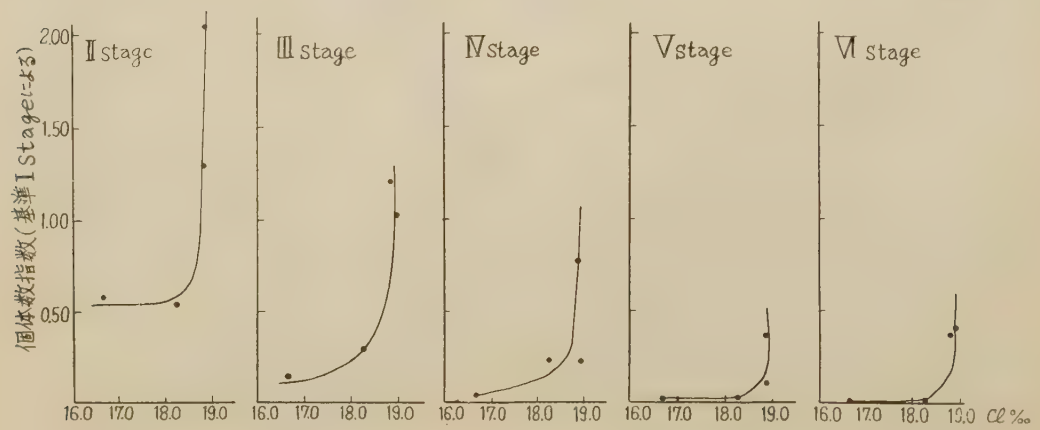


図17　*C. finmarchicus* stage 別個体数指数と平均表面塩素量との関係

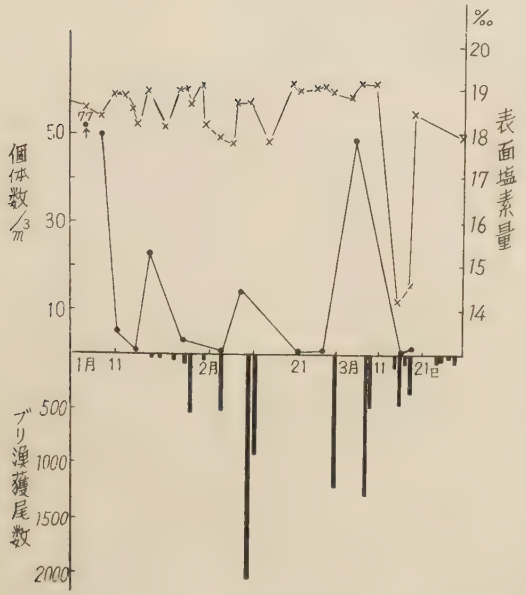


図18　St. 23 における表面塩素量，*C. finmarchicus* III–VI stage 個体数及びブリ漁獲尾数の日別変化
（ブリ漁獲尾数は尾鷲（桃頭）九木 1, 2 号合計，東海区水研漁具科ブリ漁況速報による）
•——• C. fin. 個体数，×——×表面塩素量

可きであろう．

VII. 放水がプランクトンに及ぼす影響の予察

1. プランクトンの量

昭和33年1月21日から3月20日までの6水域の各代表定点（St. 5, 15, 18, 23, 39, 49）の全資料（数48）によって，プランクトン量（沪水量未修正）と表面塩素量の関係を図19に示した．この期間に出現した表面塩素量範囲は 11.2～19.2‰，平均塩素量 18.28‰，プランクトン量範囲は 2～130mg/m³，平均プランクトン量 43mg/m³ であり，相関係数 −0.621の逆相関を示した（危険率1％以下）．この場合プランクトン湿重量 Pmg/m³ と塩素量 Cl‰ との関係は近似的に

$$P = 276 - 12.75\,Cl$$

なる直線回帰式で表わされる．

この関係式を用いて表面塩素量12～19.2‰の範囲内におけるプランクトン量の95％信頼限界を求めて信頼区間の上限及び下限を表10，図19に示した．次に表面塩素量 18.28‰ の場合のプランクトン量 43mg/m³ を基準として，諸塩素量におけるプランクトン量の比率及び95％信頼限界を求めて 表10 に示した．但し比率の95％信頼限界は各塩素量に対するプランクトン量の分散が独立であると仮定して求めた（Demming 1943, 森田訳文31頁）．

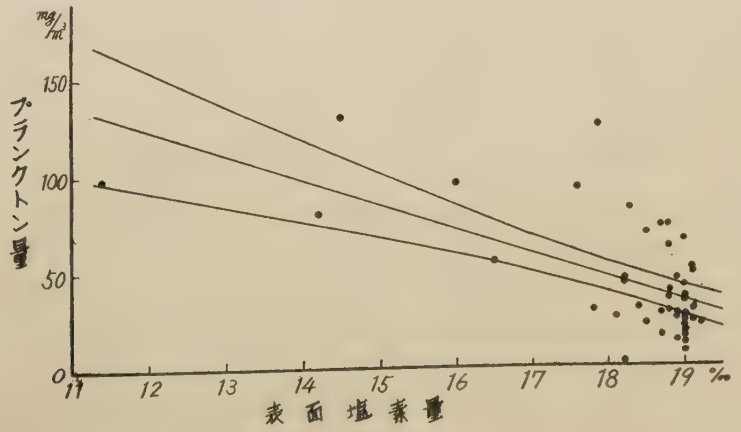


図 19　表面塩素量に対するプランクトン量の回帰直線およびその95％信頼限界
（昭和33年1月21日～3月20日，St. 5, 15, 18, 23, 39, 49）

表 10　冬季（昭和33月1月21日～3月20日）尾鷲湾における表面塩素量とプランクトン量（㊨ネット）との関係

表面塩素量 ‰	プランクトン量 (mg/m³)		プランクトン量の比率*	
	計算値	95%信頼限界	計算値	95%信頼限界
19	34	26～41	0.8倍	0.6～1.0倍
18.28	43	36～50	1.0	0.8～1.2
18	47	40～54	1.1	0.8～1.3
17	59	50～68	1.4	1.1～1.7
16	72	59～85	1.7	1.3～2.1
15	85	68～102	1.9	1.4～2.4
14	98	76～119	2.3	1.7～2.9
13	110	84～136	2.6	1.8～3.3
12	123	92～154	2.9	2.0～3.7

* 平均表面塩素量18.28‰の平均プランクトン量43mg/m³ を基準とする.

この関係が見出された1～3月の期間は調査目的からみて最も重要であるので，この期間における放水のプランクトン量に及ぼす影響の予察を試みた．上記6定点における自然比流量 0.05 m³/sec/km² の場合の推定表面塩素量の平均値は後記のように 18.76‰ で，これに対するプランクトン量の計算値は上記の関係式から 37mg/m³ となる．この値を基準として，前記の方法によって諸塩素量におけるプランクトン量，同95%信頼限界，各プランクトン量の基準プランクトン量に対する比率，同比率の95%信頼限界を求めると表11の値が得られる．これは沿岸部，特に内

表 11　冬季（昭和33年1～3月）尾鷲湾における表面塩素量とプランクトン量（㊨ネット）との関係

表面塩素量 ‰	プランクトン量 (mg/m³)		プランクトン量の比率*	
	計算値	95%信頼限界	計算値	95%信頼限界
19	34	26～41	0.9倍	0.6～1.2倍
18.76	37	30～44	1.0	0.7～1.3
18	47	40～54	1.3	0.9～1.6
17	59	50～68	1.6	1.2～2.0
16	72	59～85	2.0	1.4～2.5
15	85	68～102	2.3	1.7～3.0

* 表面塩素量 18.76‰ のプランクトン量 37mg/m³ を基準とする.

湾に至る程概して低鹹であるから，6定点の範囲内においてこの調査期間（冬季）のプランクトン量は内湾に至る程多量になる傾向のあることを示している．

将来ダム放水が行われた場合にも冬季においては塩素量とプランクトン量とが上記の関係にあると仮定して，ダム放水による塩素量変化の予察結果(坂本)から種々の放水量に対するプランクトン量及び同比率を求めた．即ち自然比流量 0.05m³/sec/km² の時に，放水量が 0，3，6，12，24 及び 48m³/sec である場合の6定点における推定表面塩素量は坂本の計算図によれば表12に示される値である．この値を用いてそれぞれの放水量に対する6定点の平均塩素量を算出し，それに対する平均プランクトン量及び同比率等を前記の方法によって推算すると表13のようになる．

表 12　6定点における自然比流量0.05m³/sec/km²の時の放水量（Δq）別表面塩素量

St. \ Δq	0m³/sec	3	6	12	24	48
5	18.98	18.91	18.85	18.71	18.48	18.04
15	18.90	18.71	18.52	18.18	17.62	16.80
18	18.89	18.75	18.61	18.30	17.64	16.64
23	18.8	18.9	18.6	18.8	18.6	17.5
39	18.20	16.82	15.90	14.72	13.49	12.52
49	18.81	18.54	18.42	17.94	17.40	16.82
平　均	18.76	18.44	18.15	17.77	17.24	16.40

備考　各定点の自然比流量0.05m³/sec/km²の時の放水量に対応した推定塩素量は坂本氏の計算に基づく．

表 13　冬季（1～3月）尾鷲湾ダム放水量と6定点平均プランクトン推定量（㋮ネット）の関係

ダム放水量 m³/sec	6定点平均推定表面塩素量 ‰	プランクトン量 (mg/m³)		プランクトン量の比率*	
		計算値	95%信頼限界	計算値	95%信頼限界
0	18.76	37	30～44	1.0倍	0.7～1.3倍
3	18.44	41	34～48	1.1	0.8～1.4
6	18.15	45	38～52	1.2	0.9～1.5
12	17.77	49	42～57	1.3	1.0～1.7
24	17.24	56	48～65	1.5	1.2～1.9
48	16.40	67	56～78	1.8	1.3～2.2

* 放水量0m³/sec，表面塩素量18.76‰のプランクトン37mg/m³を基準とする．

表 14　冬季（1～3月）尾鷲湾ダム放水量と九木1号漁場プランクトン推定量（㋮ネット）の関係

ダム放水量 m³/sec	九木1号漁場推定表面塩素量 ‰	プランクトン量 (mg/m³)		プランクトン量の比率*	
		計算値	95%信頼限界	計算値	95%信頼限界
0	18.83	36	29～43	1.0倍	0.7～1.3倍
3	18.70	38	30～45	1.0	0.7～1.3
6	18.50	40	33～47	1.1	0.8～1.4
12	18.19	44	37～51	1.2	0.9～1.5
24	17.61	51	44～59	1.4	1.1～1.8
48	16.95	60	51～69	1.6	1.2～2.0

* 放水量0m³/sec，表面塩素量18.83‰のプランクトン量36mg/m³を基準とする．

又冬季における上記塩素量とプランクトン量との関係が九木1号漁場にも適用出来るとして，前記の方法によって諸放水量に対するプランクトン量を予想すれば表14のようになる．

従って放水による塩分低下の度合は一般的にいって放水口から遠ざかる程小さいから，冬季6

定点の位置の範囲内では大体外湾に出るに従ってプランクトン増加の度合が低い傾向をもつことになる．このことは6定点平均の場合（表13）よりも九木1号（表14）が同一放水量に対して推定プランクトン量が小さく，放水量増加に伴うプランクトン量増大の度合も低いことによって示されている．

なお冬季以外の時期，特に秋季（10～11月）においては昭和32年にあった自然出水量程度の放水が行われても，冬季とは反対に陸水流入量の増大に伴ってプランクトン量は減少傾向の起る可能性がある（**V.** 1.）．

2. プランクトンの出現種類

放水後におけるプランクトンの種類はブリ漁期（冬網）の自然出水時に示された事実からいっても，放水量に応じて *Calanus finmarchicus* のような相対的沖合性の種類が減じ，一方 *Acartia* 属（*A. clausi*, *A. hamata*）のような沿岸性の種類の増加が起り，しかも塩素量の低下度の大きい沿岸部に至る程その変化も大きく外湾域迄拡張分布することが予察される．さらに外洋性種類の組成の大きい水帯は沖合に後退するであろう．しかしこれ等のプランクトン種類組成の変化，分布水帯の移動などについて量的に推算することは現段階では困難である．

3. プランクトン濃密域

プランクトン濃密域の分布位置の重要な支配要因である渦動・汐目などの流動条件が海洋調査並びに模型実験の結果(石井等)によりダム放水があっても余り変らないとの推定に基けば，濃密域の分布位置にも余り変化が起らぬことになり，従って九木1号漁場附近の濃密域もその位置はダム放水によってあまり影響を受けないものと予想される．しかし放水の行われる場合ブリ漁期における九木1号附近の濃密域を形成する主要種は前記の理由によって *Paracalanus parvus* から *Acartia clausi* のようなより沿岸性の種類に置換る可能性があると考えられる．

VIII. 放水がプランクトンを通じて漁況に与える影響の予察

尾鷲湾においては秋季（10～11月）表面塩素量とマクロ・プランクトンの間に正相関がみられ，陸水流入量の増大によってマクロ・プランクトンの量は減少する傾向の現われるものと推定された（**V.** 1., **VII.** 1）．従ってダム放水があるとその量如何によってプランクトンを餌とする魚類を対象とする漁業にとっては定性的には一応不利とみられる．

また冬季ブリ漁期においては秋季とは反対に，且つ比較的高い信頼性をもって，放水量の増大に応じてマクロ・プランクトン量は全体として増加するが（**V.** 1.），沖合性プランクトンの占める割合は低下すると共にまた沖合性の組成の大きい水域が或る程度沖合に向って後退すると推定される（**III.** 1. 2, **VII.** 2.）．この推定とブリの餌になるマアジ，カタクチイワシ成魚，サバの幼魚が主として相対的沖合性のプランクトンである *Euphausia* の幼体，*Calanus finmarchicus* などを摂取している（**IV.** 2.）ことから，ブリの餌となるべき小魚の回遊には放水量の如何によっては一応不利な生物環境となる惧れがあると考えざるを得ない．このことはダム放水の量によってはブリの漁況に悪影響を与える場合の起る可能性のあることを示唆するものである．

併し冬季において放水量がプランクトンの増加をもたらす範囲内にあるならば，プランクトンの種類がたとえ沿岸種であっても，これを餌とする魚種例えばカタクチイワシ幼魚などを対象とする沿岸漁業に対してはむしろ好影響を与える可能性があることが予察される．

尚本研究結果については **III.** 3 において述べたように尾鷲湾外海域における春季プランクトン

量が年により相当大きな変化を示し，又その主要出現種にも著しい相違があったことを考慮する必要があろう．

文　　献

1. 坂本市太郎 (1960) 流入陸水の沿岸海況に及ぼす影響－第II報—外海性海湾（尾鷲湾）に於ける自然流況及び低鹹水流去の経路，並びに発電計画の流況に及ぼす影響の予察，尾鷲湾ダム放水の漁業に及ぼす影響の予察調査論文集
2. 宮崎千博 (1960) 尾鷲湾ブリ漁場の塩素量の鉛直分布と漁況との関係，尾鷲湾ダム放水の漁業に及ぼす影響の予察調査論文集
3. 野沢靖，間庭愛信，田原陽三 (1960) 尾鷲湾に於けるブリ魚道調査，尾鷲湾ダム放水の漁業に及ぼす影響の予察調査論文集
4. 坂本市太郎 (1960) 流入陸水の沿岸海況に及ぼす影響－第III報—外海性海湾（尾鷲湾）の塩素量に及ぼす陸水流入の影響，並びに発電計画の影響に関する予察，尾鷲湾ダム放水の漁業に及ぼす影響の予察調査論文集
5. 石井 巽，宇野道夫，小長谷庸夫 (1960) 尾鷲湾ダム放水に関し模型実験による流況の研究，尾鷲湾ダム放水の漁業に及ぼす影響の予察調査論文集

尾鷲湾ダム放水の漁業に及ぼす影響の予察調査
論 文 集（別 刷） 1 9 6 0
尾 鷲 湾 ダ ム 放 水 影 響 調 査 団

尾鷲湾におけるカタクチイワシ卵及び稚仔の分布と海況との関係*

中井甚二郎・服 部 茂 昌・渡 部 泰 輔
（東海区水産研究所）

はしがき

熊野川水系電源開発にともなう，発電用水の放水が尾鷲湾の生物相及び漁業に与える影響を予察するために，昭和31年12月から33年3月まで現地調査が実施された．この調査の一環として，ブリの主要餌料であるカタクチイワシについて，その卵，稚仔の分布及びそれらと水温，塩素量等の海況との関係について取まとめた結果を報告する．

尾鷲湾諸地点において採集に従事された調査団海洋班現地観測員諸氏に謝意を表する．

I. 材料及び方法

昭和32年2月22日から同33年3月17日までに尾鷲湾53定点において，㊖プランクトンネット（口径45cm，篩絹GG54，円錐状開放ネット，沪水計付**）の海底（最深部100m）から表面までの垂直曳網によって採集，フォルマリン固定された延645試料を材料とした．用いられた試料の採集地点及び水域区分は図1に示す通りである．水域区分は内湾域，中間域，外湾域の3水域に分けさらに各々次の2小水域（計6小水域）に分けた．

水域	小水域
内湾域 ……	引本浦（A区），尾鷲浦（B区）
中間域 ……	サバル水域（C区），桃頭・行野水域（D区）
外湾域 ……	尾鷲外湾北部水域（E区），尾鷲外湾南部水域（F区）

尚採集試料の詳細な要目は別の報文，中井等（1960）の「ダム放水がプランクトン及びブリの餌料に及ぼす影響の予察」に示されている．これらの試料中から魚卵，稚仔魚を選別し，カタクチイワシ卵は前，中，後の発育期別に，稚仔は仔魚期，後期仔魚期別に個体数を算定した．ここに卵発育期の前期とは胚膜が卵黄の½を覆うまで（図2 a），中期はそれ以後胚口消失し，尾芽の先端が卵黄を離れるまで（図2 b），後期はそれ以後孵化まで（図2 c）とした．又仔魚とは卵嚢を有するもの（図2 d）である．

II. 結果及び考察

1. カタクチイワシ卵，稚仔の水平分布とその季節変化．

* 東海区水産研究所業績B第338号

** 今回の採集網には沪水量測定のために沪水計が取付けられたが，調査の初期における測定値に疑問点があるので，相対値の統一のため本報告では沪水量に対する修正を控えた．なお本調査における平均沪水率は65%で，この平均値によると採集深度100mの場合の沪水量は約10.4m³である．

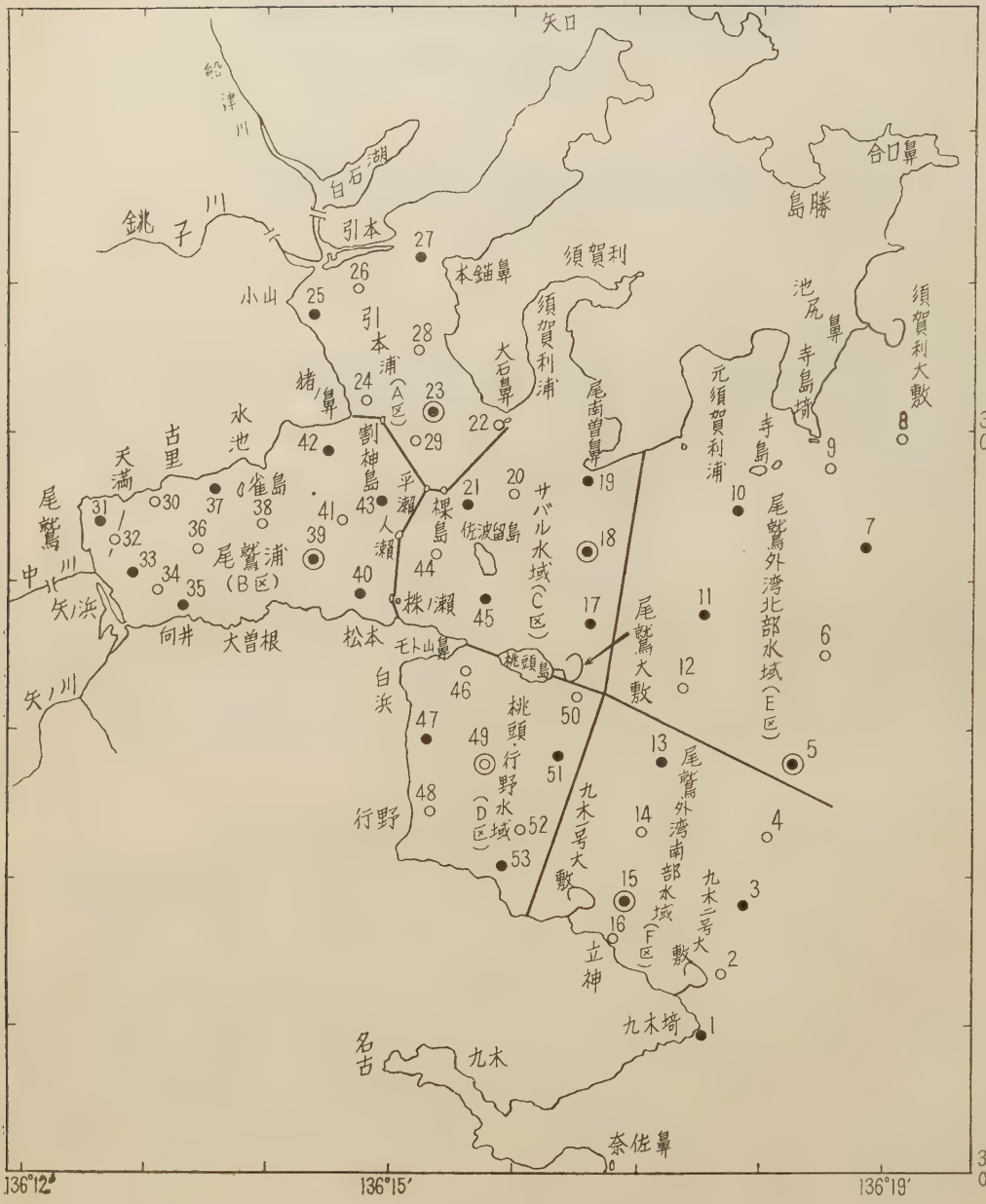


図 1　水域区分及び採集地点

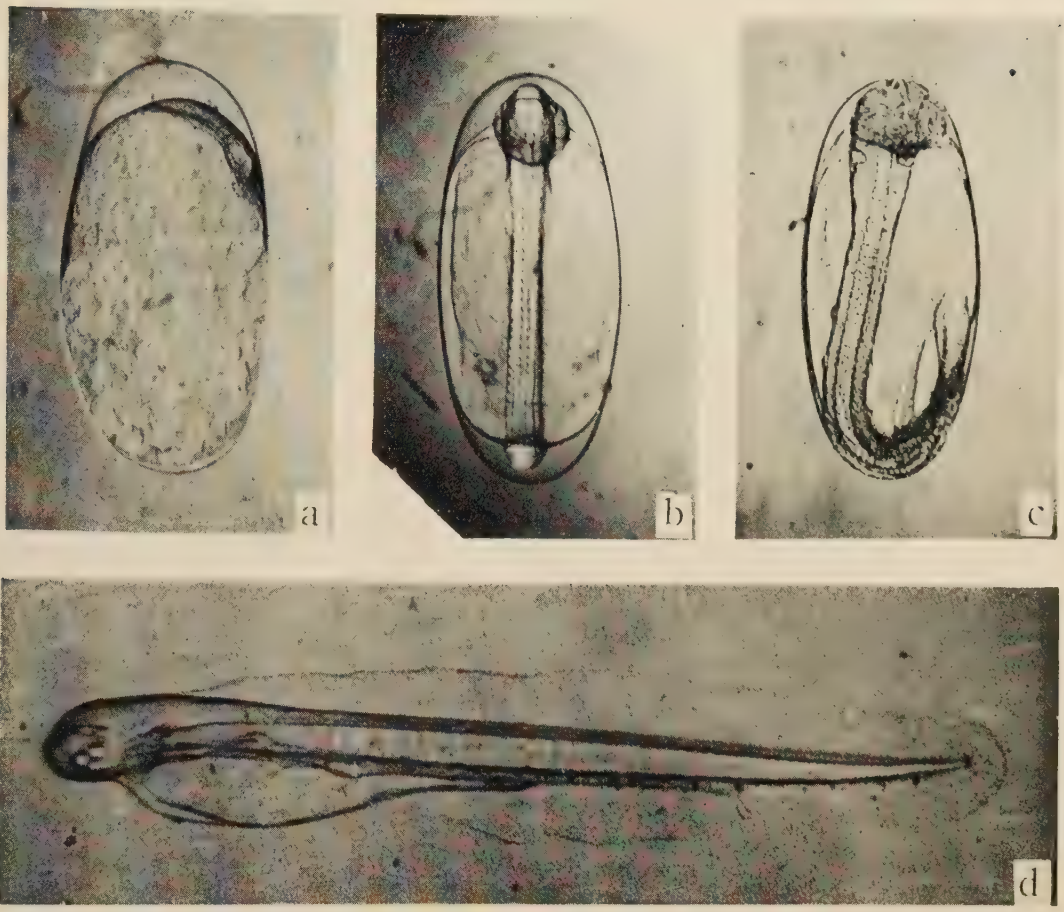


図 2　a　カタクチイワシ前期卵　×50
　　b　〃　中期卵　×50
　　c　〃　後期卵　×50
　　d　〃　仔　魚　×40

a.　全域の水平分布と月別変化（月1回調査による）

昭和32年3月から33年3月までの毎月1回（32年8月までは下旬，9月以降中旬）行われた全域定点調査における採集物によって月別のカタクチイワシ全卵量，全稚仔魚の水平分布をそれぞれ図3 a, b, 及び図4 a, b, に示した．又前期，中期，後期の発育期別卵水平分布については，採集量が多く且つ比較的広い区域に亘って分布をみた32年3月，4月及び11月の3ヶ月分を図5に示した．

各月の概況は次の通りである．

昭和32年3月：　全卵は外湾域に多く，九木埼から寺島埼を結んだ最も外洋側の定線では 0.81～2.59粒/m^3 を示し，湾奥に至るに従って減少し，尾鷲浦から引本浦西半部の内湾域及び桃頭，佐波留両島を囲む水域では出現皆無である．発育期別には，前期卵は外湾域のみに分布し，尾南曽鼻と桃頭島を結んだ線より内湾側では全く出現していない．中期卵は前期卵よりも佐波留島附

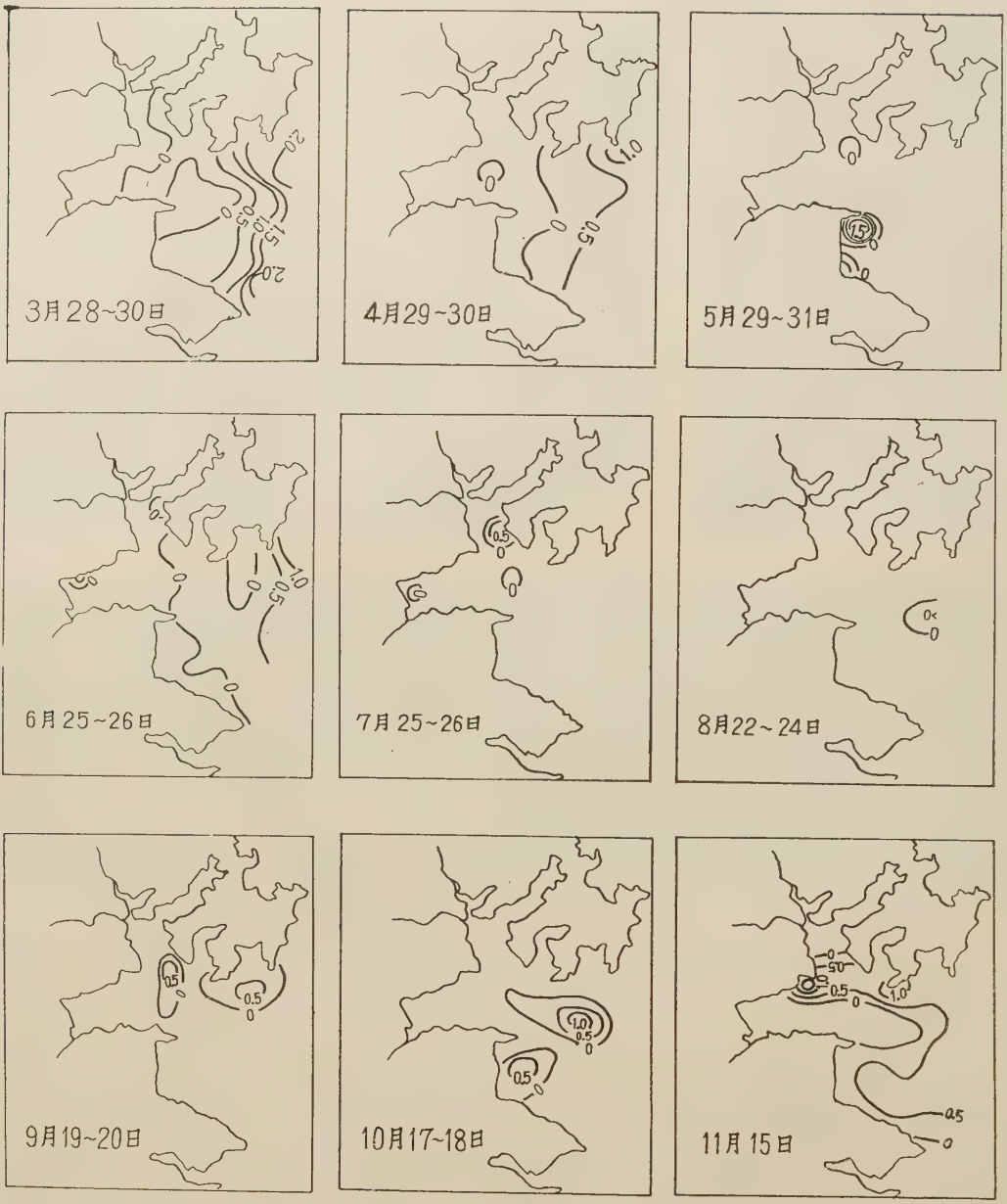


図 3a 月別カタクチイワシ卵分布 (粒/m³)
昭和32年3月～11月

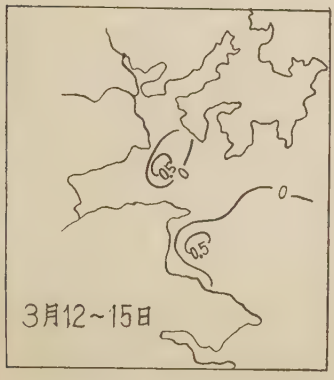


図 3b　月別カタクチイワシ卵分布 (粒/m³)
昭和32年12月～33年3月

近にまで分布が拡張し，後期卵になると更に湾奥部にまで拡がり，その先端は尾鷲浦では St. 39，引本浦では東半奥部にまで分布している．仔魚，後期仔魚は前記卵時代よりも更に奥部にまで分布し，尾鷲浦の中央附近にまで達し，中間域が比較的濃密で最も外洋側の定線ではむしろ稀薄になっている．

同年4月：　卵，稚仔の分布量は3月に比べて急減している．卵分布の形状は前月に似て外湾域に多く，内湾域には殆ど出現をみない．前期卵は外湾域のみに，中期卵は湾口から大石鼻附近までに出現している．後期卵は寺島埼．尾南曽鼻南及び人瀬西側に，稚仔は湾口中央部 (St. 6) に只1地点後期仔魚が出現したにすぎない．

同年5月：　卵，稚仔とも更に減少し，卵は行野前，モト山鼻南，引本浦口部の3地点のみに出現し，稚仔は皆無である．

同年6月：　産卵はほぼ4月程度に盛返しているが，卵の分布域は4月に比べやや湾奥部に拡張して，引本から九木埼を結ぶ線の東側が出現区域である．発育期別にみると，後期卵が主体を占め，前期卵は湾口部，尾鷲浦奥部及び引本浦奥部に散在し，中期卵は佐波留島南に1地点出現したのみで最も少い．仔魚，後期仔魚は4，5月よりも増加して両者ともに外湾域及び引本浦口部に分布し，3月同様卵よりも湾奥に拡がっている．

同年7月：　卵は再び減少し，5月程度になり佐波留島北，引本浦中央，尾鷲港防波堤附近の3地点のみに出現したに過ぎない．これらはそれぞれ前期卵，中期卵，後期卵の単一組成で湾奥に向うに従って発育期が進んでいることは3月同様である．稚仔は全く出現していない．

同年8月：　卵は更に減少し，湾口部1地点のみに中期卵が出現し，仔魚も桃頭島北東の1地点に出現したに過ぎない．

同年9月：　卵の分布量は増加し，その出現場所は外湾域北部の寺島附近及び大石鼻～佐波留島西側であり，発育期はすべて中期である．仔魚は佐波留島北東の1地点に出現したのみである．

図 4a　月別カタクチイワシ稚仔分布（尾/m³）
昭和32年3月～11月

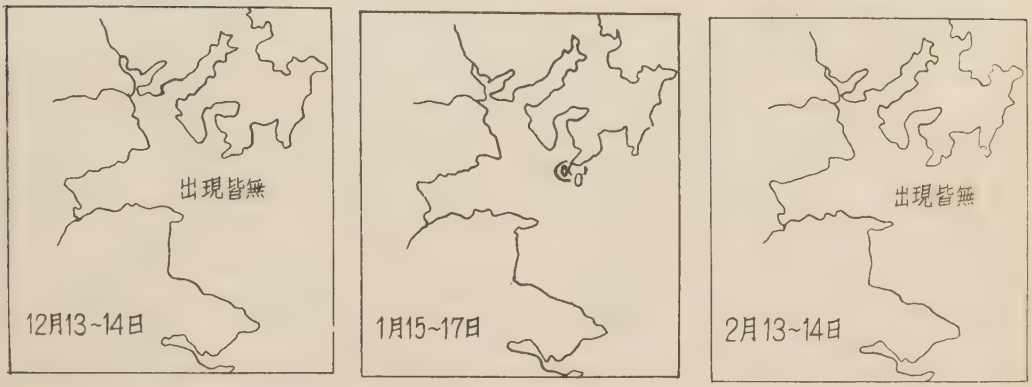


図 4b　月別カタクチイワシ稚仔分布（尾/m^3）
昭和32年12月～33年3月

同年10月：卵，稚仔ともに9月よりも増加し，卵は湾中央及び桃頭島南に出現し，特に桃頭島と寺島との中央附近に最も濃密である．この濃密域は前期卵によって占められ，中期卵は行野前 (St. 49)，後期卵は裸島附近にそれぞれ1地点ずつ出現したに過ぎない．稚仔は殆んどが仔魚で外湾域には全く出現せず，中間域及び内湾域の引本浦から尾鷲浦北部に出現し，3月，6月同様卵よりも湾奥に分布している．

同年11月：卵は3月に次いで多く，秋季の産卵最盛期にあたり，濃密域は引本浦口部～尾南曽鼻南にある．しかし不出現水域も引本浦奥部及び尾鷲浦から佐波留島周辺にある．発育期別にみると前期卵は引本浦口部から尾南曽鼻及び桃頭島～九木埼の中央附近に，中期卵は外湾域，引本浦口部及び桃頭島南に分布し，後期卵は前期卵に似た分布形状を示している．11月は前記3，4月とは分布型を異にし外湾域には中期卵，中間域に前，後期卵が多い，稚仔はすべて仔魚期であり，寺島～佐波留島及び引本浦奥部（1地点のみ）に分布し，10月よりも減少している．

同年12月：卵は中間域のみに分布し，桃頭島周辺に濃密域がある．この月の発育期はすべて前期卵である．稚仔は全く出現していない．

昭和33年1月：卵は九木一号網附近，桃頭島北東及び引本浦口部の計4地点に出現し，桃頭島北東の1地点が前期卵で，他は後期卵である．稚仔は仔魚期のものが尾南曽鼻南1地点に出現しただけで，卵とともに極めて少ない．

同年2月：卵，稚仔ともに出現皆無である．

同年3月：卵は外湾南部水域及び引本浦口部～人瀬附近に出現し，前期卵は九木埼寄り及び人瀬附近に，中期卵は桃頭島南及び人瀬附近に，後期卵は桃頭島東及び引本浦口部～人瀬に分布している．稚仔は全く出現していない．

水平分布の概要と流動との関係：卵，稚仔の分布を総括すると卵は図3及び表1に示すように一般に外湾域に多く，内湾域には少く，濃密域の位置は外湾域に多く現われる傾向にあるが，

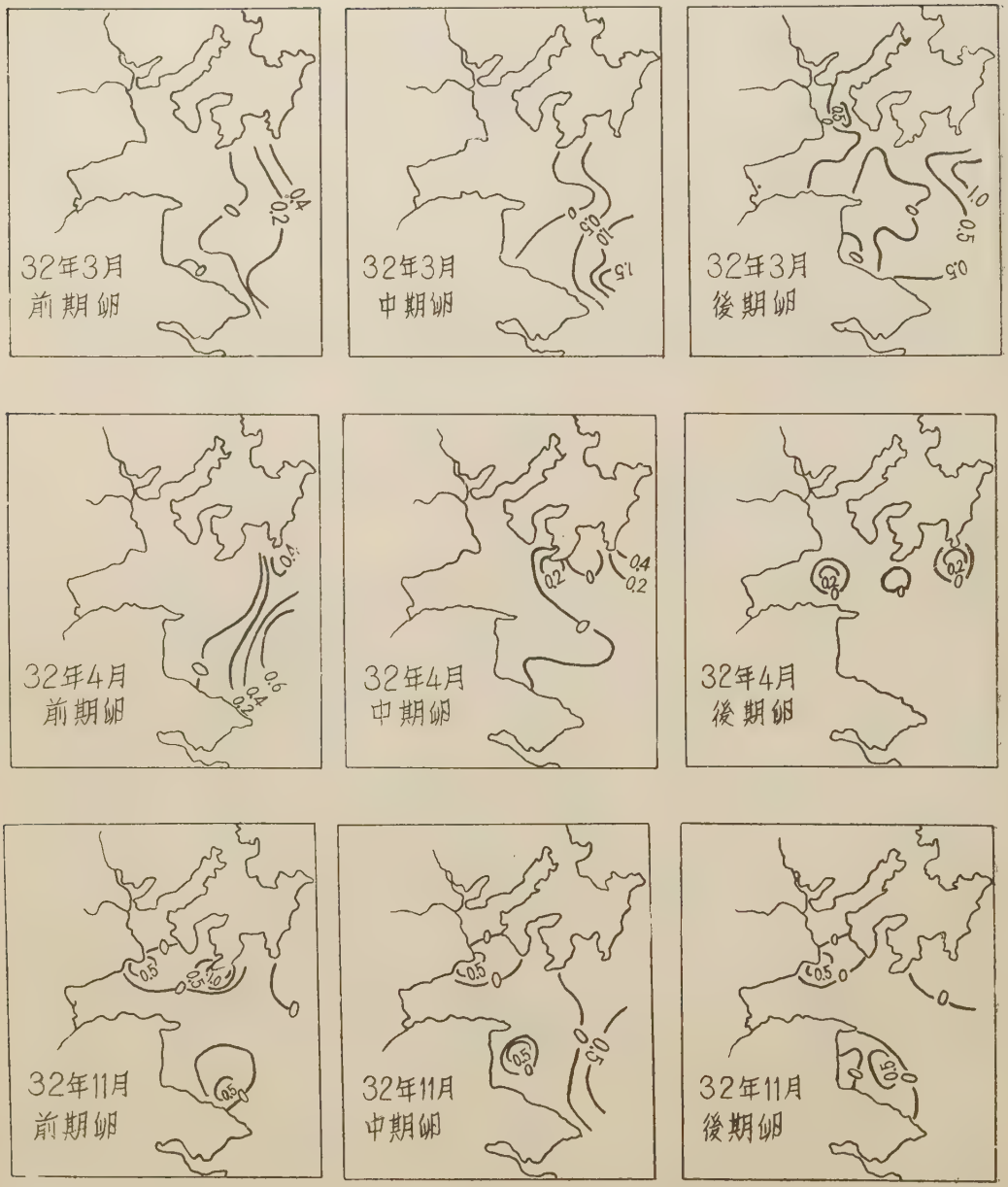


図 5 カタクチイワシ卵発育期別分布（粒/m³）

季節によって変動する．発育期別にみると，産卵量の日による変動が大きいことが認められるが，前期卵の出現水域からみて，産卵場は主として外湾域，或はその沖合側に存在する．すなわち産卵は外湾域或はその沖合で行われ，発育が進むに従って次第に内湾域に分布が拡張し，後期卵，仔魚は湾奥部の方が比較的多くなる場合が多い．遊泳力のない卵の移動は流動に支配される．従って前記発育期別卵分布の性状によって外洋水の湾内への流入が推定される．しかし本調査においては採集が底から表面までの垂直曳であるために卵の垂直分布は不明であり，従って卵を移動させた流動の主な水層は明かでない．

季節変化の概要と生残りについて：産卵は32年3月に最も盛んで全域平均卵量は0.42粒/m³，出現地点比率は54%である．その後4月，5月には減少し，6月にはわずか乍ら盛返したが，8月には夏季の谷を示した．秋季は9月から次第に盛んになり，11月には頂点（全域平均卵量0.36粒/m³，出現地点比率54%）に達し，3月に殆んど匹敵しているがその後再び衰え，2月に冬季の最低を示した．日本環海におけるカタクチイワシ産卵の平年状態は昭和24年4月～26年12月の3ヶ年平均によってみると，3，4月に最も高く，その後多少の変動はあるが，一般的に漸減傾向を示し，秋季著るしく減少し，1月最低となっている（中井等，1955）．すなわち今回の本海域におけるカタクチイワシ産卵は春季は全国的な産卵時期と一致しているが，秋季は一致せず，局地的な現象を示している（図6）．発育期別出現数は調査が昼間のみに限られ，高温時には特定の発育期にかたよりが生じたと認められるので，本水域におけるカタクチイワシ発生初期の生残率は充分明らかでないが，見かけ上後期仔魚期の生残りが極めて悪い．

表1　水域別，月別平均カタクチイワシ卵量（粒/m³）

水域＼年月日		32年3月 28～30日	4月 29～30日	5月 29～31日	6月 25～26日	7月 25～26日	8月 22～24日	9月 19～20日	10月 17～18日	11月 15日	12月 13～14日	33年1月 15～17日	2月 13～14日	3月 12～15日	平均
内湾	引本浦 A	0.12	0	0.03	0.12	0.09	0	0.07	0	0.21	0	0.14	0	0.21	0.08
	尾鷲浦 B	0.05	0.02	0	0.05	0.07	0	0	0	0.30	0	0	0	0.11	0.05
	平均	0.08	0.01	0.01	0.08	0.08	0	0.02	0	0.28	0	0.04	0	0.13	0.06
中間	サバル C	0.14	0.08	0	0.18	0.02	0	0.09	0.07	0.31	0.23	0.03	0	0	0.09
	桃頭・行野 D	0.16	0.03	0.31	0.03	0	0	0	0.24	0.42	0.20	0	0	0.22	0.12
	平均	0.15	0.05	0.19	0.10	0.02	0	0.05	0.16	0.36	0.21	0.02	0	0.11	0.11
外湾	外湾北部 E	1.25	0.62	0	0.42	0	0.04	0.13	0.16	0.48	0.09	0.03	0	0.10	0.26
	外湾南部 F	1.00	—	0	0.06	0	0	0	0	0.41	0.06	0.02	0	0.13	0.14
	平均	1.11	0.62	0	0.24	0	0.02	0.06	0.08	0.45	0.07	0.03	0	0.11	0.21
全域		0.42	0.12	0.07	0.14	0.05	0.00+	0.04	0.07	0.36	0.08	0.03	0	0.12	0.12
平均濾水率		0.40	0.66	0.66	0.61	0.52	0.71	0.77	0.56	0.62	0.65	0.58	0.59	0.54	0.65

b.　代表地点における季節変化（毎月2～9回調査による）

当初の計画に基づいて代表地点として選ばれ，32年2月22日以降数日目毎に採集の行われたSt. 49におけるカタクチイワシ卵量の季節変化を図7に示した．前掲のカタクチイワシ卵，稚仔水平分布（図3～5）産卵の季節変化（図6）及び分布の不均一性からみて，このSt. 49は尾鷲湾全域の指標としては必ずしも適当であると云えない．只桃頭・行野水域（D区）の季節変化をこの地点によってみることは可能と認められる．図7に示されるようにカタクチイワシ卵量は日による変動が著るしい．St. 49における日別卵量は32年2月中は皆無である．3月中は概して高値が多

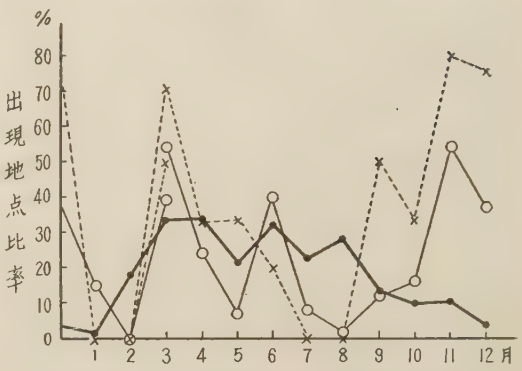


図 6　月別カタクチイワシ卵出現地点比率
○—○ 尾鷲湾全域定点調査(32年3月~33年3月)
●—● 全国全資料(24年4月~26年12月)
×---× St.49　(32年2月~33年3月)

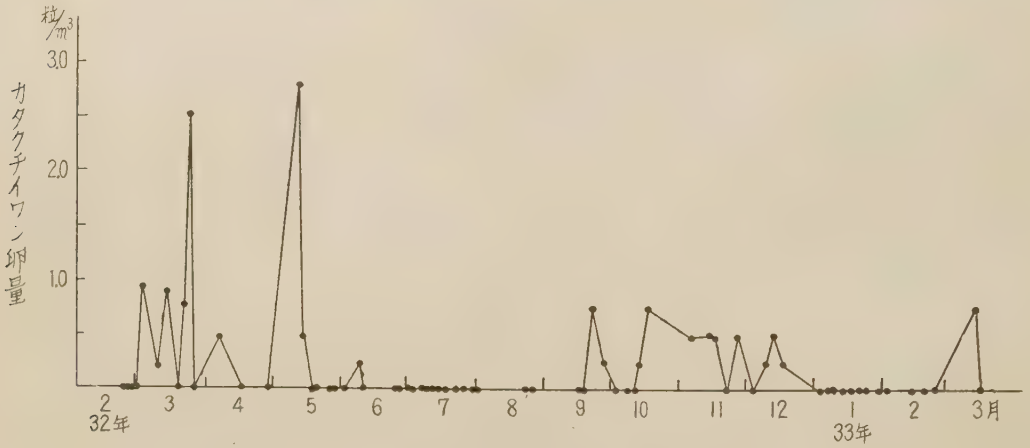


図 7　St. 49におけるカタクチイワシ卵量の季節変化

数現われているが，日によっては出現皆無の場合もある．4月の出現量は少いが，5月中旬には極めて高い値（2.8粒/m³）が現われ，次の調査日の値も出現皆無ではない．その後9月中旬までは6月10日に1回出現した以外は皆無の日が続き，9月下旬から12月中旬までは最高0.75粒/m³ではあるが，出現した日が多い．33年1～2月は出現皆無で，3月中旬になり，わずかに出現している．St. 49における月別出現地点比率は図6に示すように，前記全域調査の傾向とほぼ一致するが，6月には山がなく，9月に山のみられる点が異っている．

他の水域については引本浦（A区）はSt. 23，尾鷲浦（B区）はSt. 39，サバル水域（C区）はSt. 18，尾鷲外湾北部水域（E区）はSt. 5，尾鷲外湾南部水域（F区）はSt. 15がそれぞれの水域の代表地点として選ばれ，32年10月下旬から大体3～5日目毎に採集が実施された．これら代表地点のカタクチイワシ卵量の季節変化は，St. 39（B区）を除き，前記のSt. 49とほぼ同様の傾向を示している．ただSt. 15（F区）及びSt. 23（A区）では33年1月にもわずかではあるが現われている．St 39においては32年10月下旬に只1回出現しただけで，11月以降33年3月上旬まで出現皆無である．

表2　表面水温別カタクチイワシ卵量（粒/m³）及び出現地点比率（%）

年月	項目	表面水温 °C 11.0～	12.0～	13.0～	14.0～	15.0～	16.0～	17.0～	18.0～	19.0～	20.0～	21.0～	22.0～	23.0～	24.0～	25.0～	26.0～	27.0～
年月	平均卵量			0.11	0.15	1.07												
32. 3	出現地点比率			50	50	82												
	地点数			2	30	11												
	平均卵量						0	0.15	0									
〃 4	出現地点比率						0	31	0									
	地点数						4	32	5									
	平均卵量							0	0	0.21	0							
〃 5	出現地点比率							0	0	23	0							
	地点数							2	12	13	11							
	平均卵量											0.27	0.07	0.28	0.13			
〃 6	出現地点比率											57	29	100	100			
	地点数											14	31	2	1			
	平均卵量											0	0	0	0.08	0	0	0.13
〃 7	出現地点比率											0	0	0	18	0	0	14
	地点数											1	1	4	11	19	5	7
	平均卵量												0	0	0	0	0	0
〃 8	出現地点比率												0	0	0	0	0	0
	地点数												1	5	3	2	16	9
	平均卵量										0	0.06	0.15	0.07	0	0		
〃 9	出現地点比率										0	33	40	14	0	0		
	地点数										1	6	5	29	10	3		
	平均卵量										0.43	0.04	0.13					
〃 10	出現地点比率										50	7	50					
	地点数										22	43	2					
	平均卵量							0	0.14	0.32	0.44							
〃 11	出現地点比率							0	38	51	83							
	地点数							1	8	33	6							
	平均卵量					0	0	0.09	0.05	0								
〃 12	出現地点比率					0	0	40	23	0								
	地点数					1	7	25	13	2								
	平均卵量		0	0	0	0.03	0											
33. 1	出現地点比率		0	0	0	13	0											
	地点数		3	4	17	31	2											
	平均卵量	0	0	0	0													
〃 2	出現地点比率	0	0	0	0													
	地点数	2	8	28	2													
	平均卵量			0.18	0.18													
〃 3	出現地点比率			47	50													
	地点数			17	12													
	平均卵量	0	0	0.06	0.16	0.29	0	0.12	0.05	0.28	0.30	0.09	0.08	0.06	0.04	0	0	0.06
計	出現地点比率	0	0	18	34	30	0	33	16	42	40	20	30	15	12	0	0	6
	地点数	2	11	51	61	43	13	60	38	48	40	64	40	40	25	24	21	16

表 3　表面塩素量別カタクチイワシ卵量

年月	表面塩素量‰ / 項目	2.5~	3.5~	4.0~	4.5~	5.5~	6.0~	6.5~	7.0~	8.0~	8.5~	9.0~	9.5~	10.0~	10.5~
32. 3	平均卵量														
	出現地点比率														
	地点数														
〃 4	平均卵量														
	出現地点比率														
	地点数														
〃 5	平均卵量					0								0	0
	出現地点比率					0								0	0
	地点数					1								1	1
〃 6	平均卵量												0		
	出現地点比率												0		
	地点数												1		
〃 7	平均卵量													0	
	出現地点比率													0	
	地点数													1	
〃 8	平均卵量	0	0	0			0	0	0	0	0	0		0	
	出現地点比率	0	0	0			0	0	0	0	0	0		0	
	地点数	2	2	2			4	2	2	2	1	2		3	
〃 9	平均卵量				0				0		0	0.50	0	0.03	0
	出現地点比率				0				0		0	100	0	25	0
	地点数				1				1		1	1	4	4	1
〃 10	平均卵量									0					
	出現地点比率									0					
	地点数									1					
〃 11	平均卵量														
	出現地点比率														
	地点数														
〃 12	平均卵量														
	出現地点比率														
	地点数														
33. 1	平均卵量														
	出現地点比率														
	地点数														
〃 2	平均卵量														
	出現地点比率														
	地点数														
〃 3	平均卵量					0									
	出現地点比率					0									
	地点数					1									
計	平均卵量	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.17	0	0.01	0
	出現地点比率	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33	0	11	0
	地点数	2	2	2	1	2	4	2	3	3	2	3	5	9	2

2. カタクチイワシ卵量と水温，塩素量との関係

カタクチイワシ卵の分布量と水温，塩素量との関係追及は本調査の目的から言って最も重要な問題と認められる．しかしこの問題の検討のためにはカタクチイワシ産卵の一般趨勢を把握する必要があり，そのためには長年月の資料を用いることが望ましい．ここでは限られた約1ヶ年の資料に基づいて概観する．

a. 卵量と表面水温

月別のカタクチイワシ卵量最大値（各地点平均）の起る水温階級は表2に示すように32年3月15°C，4月17°C，5月19°C，6月23°C，7月27°C，9月22°C，10月20°C，11月20°C，12月17°C，33年1月15°C，3月14°C台である．出現地点の表面水温は主として14°～23°Cの広範囲に拡がっている．カタクチイワシ卵濃密域と等温線分布（表面）との間には判然とした関係が見

(粒/m³) 及び出現地点比率 (%)

11.0~	11.5~	12.0~	12.5~	13.0~	13.5~	14.0~	14.5~	15.0~	15.5~	16.0~	16.5~	17.0~	17.5~	18.0~	18.5~	19.0~
														0.13	0	0.52
														50	0	61
														2	2	36
								0			0	0	0	0.16	0.23	
								0			0	0	0	38	44	
								1			1	3	8	16	9	
0	0	0		0	0			0	0	0.30	0		0.13	0	0	
0	0	0		0	0			0	0	29	0		20	0	0	
2	2	1		3	3			1	1	7	2		5	6	2	
					0		0.42	0		0.16	0	0.05	0.10	0.20	0.49	
					0		100	0		25	0	25	63	48	100	
					2		1	1		4	4	4	8	21	1	
	0.30	0.06		0	0.25	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	33	50		0	33	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	3	2		1	3	1	4	9	4	4	4	13	2	2		
0								0						0		
0								0						0		
2								1						1		
	0	0	0.25	0	0.13	0			0	0.17	0	0.20				
	0	0	100	0	50	0			0	33	0	40				
	2	1	1	5	2	3			5	6	11	5				
0.75		0.63			0	0			0	0	0	0.01	0.01	0.47	1.00	
100		100			0	0			0	0	0	8	5	58	100	
1		1			1	1			1	2	7	12	19	19	2	
										0			0	0.22	0.36	
										0			0	54	56	
										1			1	13	32	
										0			0	0.01	0.11	0.03
										0			0	13	45	15
										1			4	8	22	13
												0	0	0	0.04	0.00_3
												0	0	0	16	4
												1	2	10	25	24
											0		0	0	0	0
											0		0	0	0	0
											1		4	5	11	18
					0	0.42	0.42		0	0	0		0.04	0.22	0.24	0.10
					0	100	100		0	0	0		33	50	60	50
					1	1	1		1	1	2		3	4	5	8
0.15	0.13	0.15	0.25	0	0.08	0.07	0.14	0	0	0.14	0	0.04	0.03	0.19	0.19	0.20
20	14	40	100	0	17	17	33	0	0	19	0	11	14	36	38	29
5	7	5	1	9	12	6	6	13	12	26	32	38	56	107	111	99

出されないが，各月の中では最高水温域，最低水温域には濃密域が存在しない．本調査期間中におけるカタクチイワシ卵量は春，秋2季に山がみられ，春季の最盛期水温は 14～16°C，秋季は 19～21°C である．しかし表面水温が13°C 以下では全く出現していない．従って，ブリ漁期である冬季に表面水温が 13°C 以下に下った場合にはカタクチイワシ卵の分布は皆無となると認められる．しかしその原因は産卵親魚の来游が水温低下によって阻止されることによるものか，或は親魚は分布していても生理的に産卵が抑制された結果によるか現在明らかでない．

b. 卵量と表面塩素量

カタクチイワシ卵出現地点の表面塩素量は9.1～19.25‰でその範囲は極めて広い．月別塩素量別のカタクチイワシ平均卵量及び出現地点比率は表3に示すように，32年5月～10月及び33年3月には低鹹部にも出現しているが，全期間を通してみると主として17.5‰以上に卵量も出現地点比率も高い．水域別月別の卵量と表面塩素量の平均値を図8に示した．

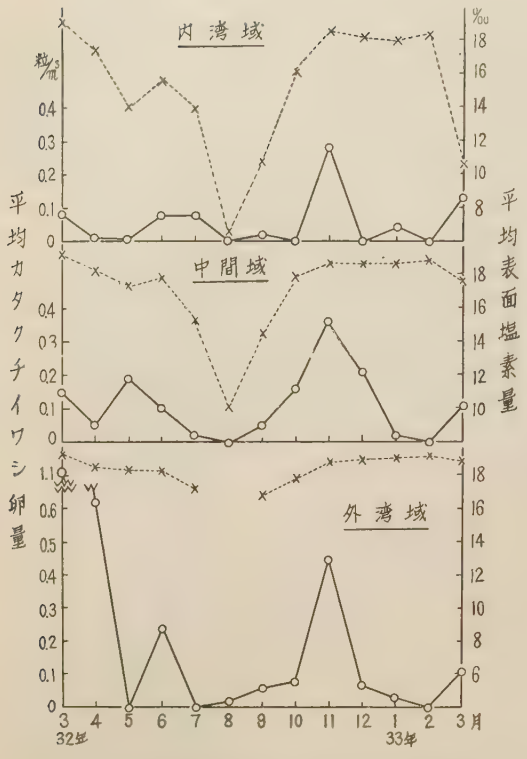


図 8 水域別平均カタクチイワシ卵量および平均表面塩素量の季節変化
○—○ カタクチイワシ卵量 ×----× 表面塩素量

内湾域（引本浦A区，尾鷲浦B区）における平均表面塩素量は32年3月に19.01‰で最も高く，月が進むに従って次第に低鹹になり，8月には最低値（6.50‰）を示している．その後は再び11月まで順次高鹹となり，11月～33年2月には17.94～18.51‰を示したが，33年3月には前年3月の高鹹に対し10.55‰に低下した．一方カタクチイワシ卵は32年3，6，7月に0.08粒/m³出現したが，最も低鹹の8月には皆無であり，すなわち春夏季は比較的少い．秋季は11月に0.28粒/m³の山を形成し，この水域における最高値を示した．

中間域（サバル水域C区，桃頭・行野水域D区）における平均表面塩素量の最高値は32年3月の19.21‰，最低は8月の10.05‰である．カタクチイワシ卵は，春季は5月に最も多く平均0.19粒/m³を示したが，11月の山はその約2倍の0.36粒/m³を示した．すなわち卵量，塩素量ともに季節変化はほぼ内湾域のそれに似ているが，出現値は中間域が何れも高い．

外湾域（尾鷲外湾北部水域E区，尾鷲外湾南部水域F区）では前記内湾域，中間域ともに最低鹹を示した8月に塩素量の測定が行われていないので，この8月を除くと平均塩素量範囲は 16.67～19.23‰ で，他の2水域に比べ塩素量は高く，変化も小さい．卵量は32年3月に最も多く，3水域中最高の1.11粒/m³を示し，次いで多く出現した月の順は4月，11月，6月である．

全域についてカタクチイワシ卵濃密域の表面塩素量をみると，殆んどの月において18‰以上の水域に卵濃密域が形成されている．ただ32年7月，9月及び33年3月の内湾域ではそれぞれ13.5‰，9～10.7‰，12.0～15.6‰の低鹹部に濃密域が形成された．しかし表層がこのように低鹹であっても，2m層ではすでに外湾域に近い塩素量を示している．このような濃密域ではカタクチイワシ卵の分布が表層よりもむしろ中，下層に多いと考えられるが，層別採集が行われていないので断定出来ない．湾全域月別の平均カタクチイワシ卵量と平均表面塩素量の関係（図9）をみると，平均卵量の多い3月（0.42粒/m³）及び11月（0.36粒/m³）はともに平均表面塩素量も高く，両月ともに湾全域の表面塩素量が殆んど18‰以上の値を示し，平均塩素量は3月 19.15‰，11月には 18.63‰ である．降水の大きい5～9月の表面塩素量月別平均値は 7.09～17.08‰で低く，カタクチイワシ卵量も 0～0.14粒/m³ で少い．冬季（12～2月）は塩素量が比較的高いにもかかわらずカタクチイワシ卵の出現しない日が多い．又10月～3月の代表地点における日別の卵量は前記のようにいずれの地点においても皆無の日が極めて多いために，この期間中における自然出水による塩素量低下に対応したカタクチイワシ卵量の変化は見出されない．このことはカタク

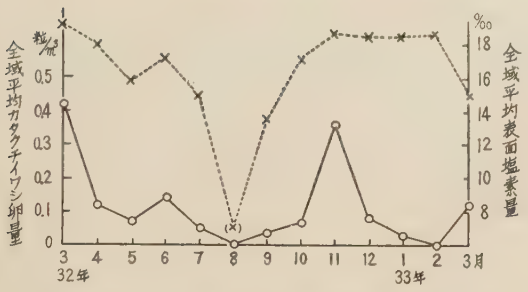


図 9　全域平均カタクチイワシ卵量と表面塩素量の季節変化
○—○カタクチイワシ卵量　×----×表面塩素量

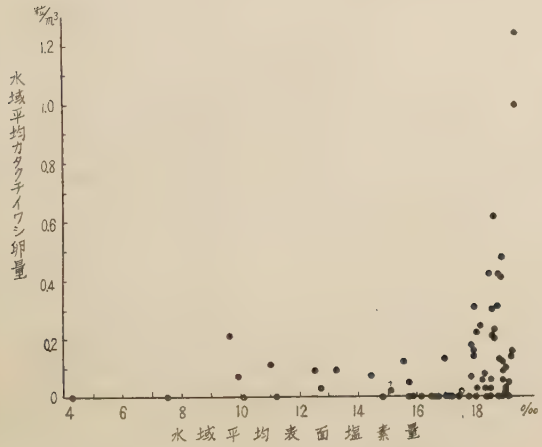


図 10　カタクチイワシ卵量と表面塩素量との関係（6小水域、月別平均）

チイワシの産卵が塩素量のみによって支配されるものでなく，他の生理生態的諸条件の関与が大きいことによると判断される．

しかし全期間の水域別，月別の平均表面塩素量と平均カタクチイワシ卵量との関係（図10）をみると平均塩素量は 4.28～19.23‰に，平均卵量は0～1.25粒/m³に分布し，塩素量9‰以下では卵量0，9～17‰では 0～0.21粒/m³，17‰ 以上では 0～1.25粒/m³ で，そのうち特に 17.5‰以上の高塩部に卵の密度が高い．すなわち両者の間に傾向として正相関がみられ，今回の出現塩素量範囲では塩素量の低下にともなってカタクチイワシ卵量も減少する傾向がうかがわれる．このことが，カタクチイワシ親魚の湾内遊を阻害して起ったものか，或は産卵条件の悪化を起したためか明らかでないが，若し前者による結果とすればこれを餌とする魚類（例えばブリ）の来遊を減少させるであろうし，又後者によるとすれば，湾内におけるカタクチイワシ資源の減少をきたすことになる．いずれにしても尾鷲湾における今回程度の低塩化は上の観点からみると関係漁業にとっては好ましいこととは云えない．

要　　約

i. カタクチイワシ卵は一般に外湾域に多く，内湾域になるほど少い．産卵場は主として外湾域或はその沖合にあり，発育期の進むに従って次第に内湾域に拡張している．このことは外洋系水の流動について示唆している．卵の出現量に対する仔魚の出現割合も内湾域に比較的大きくなる場合が多い．後期仔魚の出現は周年を通じて少い．

ii. 産卵盛期は春秋2回あり，春は3月，秋は11月にピークがみられた．これを過去の全国のものと比較すると尾鷲湾の春季は全国の季節変化と同様であるが，秋季の山は局地的な現象と認められる．卵が全く見られなかったのは2月だけで産卵期は極めて長い．しかし日による変動が極めて大きくみられた．

iii. 卵出現地点の表面水温は主として14～23°Cで，13°C以下では卵は全く採集されていない．産卵盛期の水温は春は14～16°C，秋は19～21°Cであった．

iv. 卵出現地点の表面塩素量範囲は9.1～19.25‰で極めて広いが，主として17.5‰以上に卵

が多い．特に産卵盛期の3月及び11月の塩素量はともに高く，殆んどの地点で18‰以上を示した．降水量が大きく，塩素量の低い5～9月は採集卵量も少い．年間を通じた卵量と塩素量の関係は傾向として正相関がみられる．このことは尾鷲湾の塩素量低下によって一般的にカタクチイワシ卵量が減少することを示し，この原因が親魚の回游阻害にあるか，或は産卵条件の悪化にあるか明らかでないが，いずれにしても尾鷲湾における関係漁業にとって好ましいとは云えない．

文　　献

中井甚二郎，宇佐美修造，服部茂昌，本城康至，林繁一 (1955) 昭和24～26年魚資源協同研究経過報告，東海区水産研究所

中井甚二郎，本城康至，服部茂昌，木立孝，鈴木秀弥，工藤盛徳 (1960) ダム放水がプランクトン及びブリの餌料に及ぼす影響の予察，尾鷲湾ダム放水の漁業に及ぼす影響の予察調査論文集

尾鷲湾ダム放水の漁業に及ぼす影響の予察調査
論 文 集 (別 刷) 1960
尾鷲湾ダム放水影響調査団

尾鷲湾におけるブリ魚道の調査

野 沢 靖
(三重県立大学水産学部)
間 庭 愛 信
(水産庁漁船研究室)
田 原 陽 三
(東海区水産研究所)

ダム放水のブリ定置漁況への影響としては漁場それ自身の水温，塩素量等の低下によるものの他，ブリの魚道に当る水域の海況の変化に依るものも考えなければならない．又ブリの游泳水深を一応確かめる事も漁況変動の予察上欠くべからざる事と考えられる．

従来ブリ魚群の接岸時の行動は当業者の永年に亘っての操網経験から一般に移動は或る範囲内の等深線に沿って動くものが多く，又その折の游泳水深は寒ブリは海底近い深層を辿り，彼岸ブリではそれよりやや浅い層を行動すると言われているが，具体的な調査研究は余り行われていない模様である．

そこで筆者等は前述の如き見地に基き三重県の尾鷲湾におけるブリの魚道に就て，山見小屋からの観察記録の集収，魚探機に依る調査等2，3の方法を併用して調査検討を試みた．

調査に際し不幸にして調査を実施した昭和32,33両年共ブリ漁況が例年になく不振であった為当初の目的を充分満足さす資料が得られなかったが，前記予察の必要上一応取纏めたので報告する．

山見小屋からの観察記録

昭和30～33年に亘ってブリ漁期中に九木二号山見小屋より当業者が肉眼で観察した尾鷲湾に来游したブリの浮上魚群の動跡を図1に示す．此等は何れも6時～16時の間に観察，記録をなされたものである．

A. ブリ浮上魚群の動き

図1より尾鷲湾に現われたブリの浮上魚群を出現海域，竝に爾後の行動について大別するとおおよそ下記の様な型がみられる．（表1）

1. 寺島崎南1km附近海域に現われ南進立神沖に向い入網或は沖に出る群．
2. 桃頭島東岸より沖合3km附近に至る海域に現われ立神沖に向う群．
3. 2と同じ海域附近に現われ南桃頭水域，行野水域に向うか，又は同海区を迂廻して入網或は網をそれて沖に出る群．(或はこの逆)
4. 九木崎北東0.5～1.5km附近海域に現われ立神沖に向う群．
5. 九木一号同二号両網沖の間を游泳する群．

此等を通観するとブリ魚群の動きは魚群が直接地型を撰択するのか，或は地型によって生じ易い気象，海況の型に対応して間接的に行動するかは魚群の出現した日の詳細な気象，海況資料が充分得られぬ為に知るべくもないが，若干の異例の外大多数のものがほぼ湾部等深線に沿って動

図 1　九木二号網山見より観察されたブリ浮上魚群の動跡

表 1　ブリ魚群の出現位置並進行方向

昭和	1	2	3	4	5	其他
30年	1	3	1	2	1	1
31年	2	6	0	3	0	0
33年	1	2	5	0	3	3
計	4	11	6	5	4	4

いている傾向が認められ，特に前記1，2両型に於いて顕著である．

又魚群の游泳方向は概ね北々東より南々西への動きが多く，又立神沖海域(九木一，二号両網間の海域附近）が魚群の集散上重要な海域に成っている事が窺われる．

B.　浮上魚群数よりみた季節別游泳層の比較

ブリ浮上魚群の年，月別出現日数，及び

漁獲日数から季節別のブリ魚群の游泳層を比較する目安として，九木一，二号両漁場の何れか，又は同時に漁獲のあった日及び両漁場に漁獲が無くても浮上魚群のみられた日を一応尾鷲湾の九木一，二号網附近の海域にブリ魚群の来游した日と考えて，各月別に来游日数に対する浮上群の出現日数の割合を求めて表2を得た．

表 2　ブリ魚群の年月別出現日数並来游日数

昭和	1月		2月		3月		4月		5月		群の合計
30年	1/3	.33	2/6	.33	4/25	.16	1/24	.04	0/9	0	9
31年	0/11	0	10/17	.59	0/9	0	1/27	.06	0/15	0	11
32年	0/9	0	0/17	0	0/18	0	0/26	0	0/10	0	0
33年	0/10	0	2/8	.25	6/16	.37	0/18	0	0/13	0	14
平均		.08		.29		.13		.03		0	

分母は漁場における来游日数，分子は山見小屋より観察された浮上群出現日数
群の合計値の増加は一日数群出現の日がある為。

これに依れば2月が最も高率であり，3月がこれに次ぎ1，4月は著しく低い，尚又此等は求めた漁獲日数には夜間（6時～16時以外）に入網した日も包含されているので実際にはこれ以上に高率に成る事が予想される，従って従来彼岸ブリ（3，4月）よりも游泳水深が深いと言われていた寒ブリ（1，2月）も比較的浅い層を游泳するものもかなりある事が想像される．

魚探機による調査

A. 調査方法

ブリの盛漁期と目される時期，即ち昭和32年3月7～17日，昭和33年3月9～24日，同4月3～10日の各期間において，1隻の調査船に水平ソーナ及び鉛直方向魚探機を装備し，両者を同時使用し，予め魚群が通過すると推定されたコースを横切る数本のコース，即ち昭和32年は図2の三角線を航海，昭和33年は2船使用（他1船は鉛直のみ）図3のA，B，C及びA，D他船X，Y，ZとOを結ぶ線上を2船ほぼ隔日交替で反復航海して魚群探知を行い，得られた映像から魚群遭遇指数を計算し，又游泳水深を求めて魚道を推定した．

B. 調査に使用した魚探機

1. 水平ソーナ

水産庁漁船研究室に於て研究試作されたものであって，約±3°の指高角を以て200kcの超音波インパルスを水平方向に送受し，その方位を時々刻々変化させ，自船を中心とする半径300m以内の海域に存在する魚群，或は其他の物体をブラウン管の上に平面図として常時見ることが出来る．超音波のビームの掃引角度は0°，45°，90°，180°の4種類に切換られる．

この掃引角度の中心の方位を自船の軸方向に対して左120°から右120°まで変えられる。

送受波器の指向性軸には水平方向から鉛直方向まで任意の伏角を与える事が出来る。

2. 鉛直方向魚探機

表3に示す。

表 3 調査に使用した鉛直方向魚探機

No.	周波数	深度範囲m	発射回数	記録紙送り速度	記録方式	備考
1	50 KC	50m	332回/分	45mm/分	直線	32. 33年使用
2	52 KC	75m	150回/分	30mm/分	円弧	33年使用
3	50 KC	50m	170回/分	20mm/分	直線	33年使用
4	24 KC	120m	110回/分	20mm/分	直線	33年使用

何れも湿式記録

C. 調査時刻及船速

概ね8時～16時の間，船速は3～4 knot

D. 映像の判定

非常に難しい問題であったが必要上網で漁獲されたブリの死個体を水中に吊しての実験，当日の網の漁獲組成，既知の記録（巾着網魚探船のワラサ魚群の記録），並に魚探機の映像分解能力等に依り総合検討して一応推定した．

E. 魚群遭遇指数の求め方

各直線コースを32年約850m, 33年500m に区切り，各コース各々の全区間を通じて平均の遭遇魚群数を求め，i 回目の探知にこれが Xi で A 区間で Ai, B 区間で Bi,……であるとき $\Sigma(Ai-aXi)^2$ を最小とする値，

$$\text{即ち}\quad a=\frac{\Sigma AiXi}{\Sigma Xi^2}$$

をもって A 区間の魚群遭遇指数とした．

F. 魚群の游泳水深の求め方

記録紙に現われた魚群映像の上辺をその魚群の游泳水深として取扱った．

G. 調査結果

1. 魚群遭遇指数の分布

調査期間中得られた魚群映像，全数は32年には236，33年には294である．此内ブリ魚群の映像とほぼ推定されたものは32年56，33年16であり，尚両年共にブリ漁況不振に対応してか映像は殆んどが個体乃至小群と思われるもので比較的大きな群は32年，調査期間中に1群がみられたのみであり，その他期間外に海洋観測中に1群に遭遇し，33年は全く遭遇しなかった．計算によって求められた32，33両年の魚群遭遇指数の分布は図2. 図3. の通りで計算の一例を表4に示す．

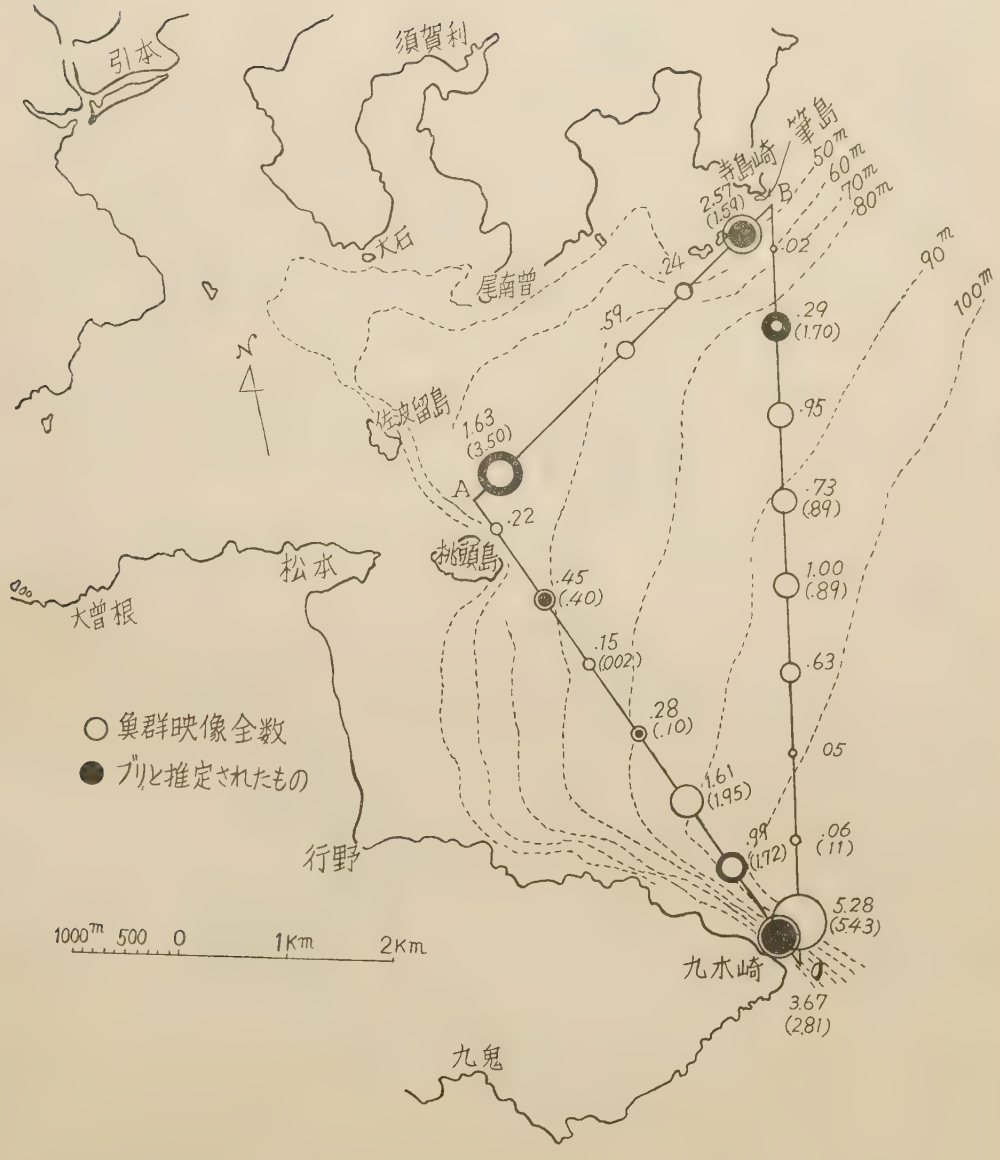


図 2　昭和32年各コースの魚群遭遇指数の分布

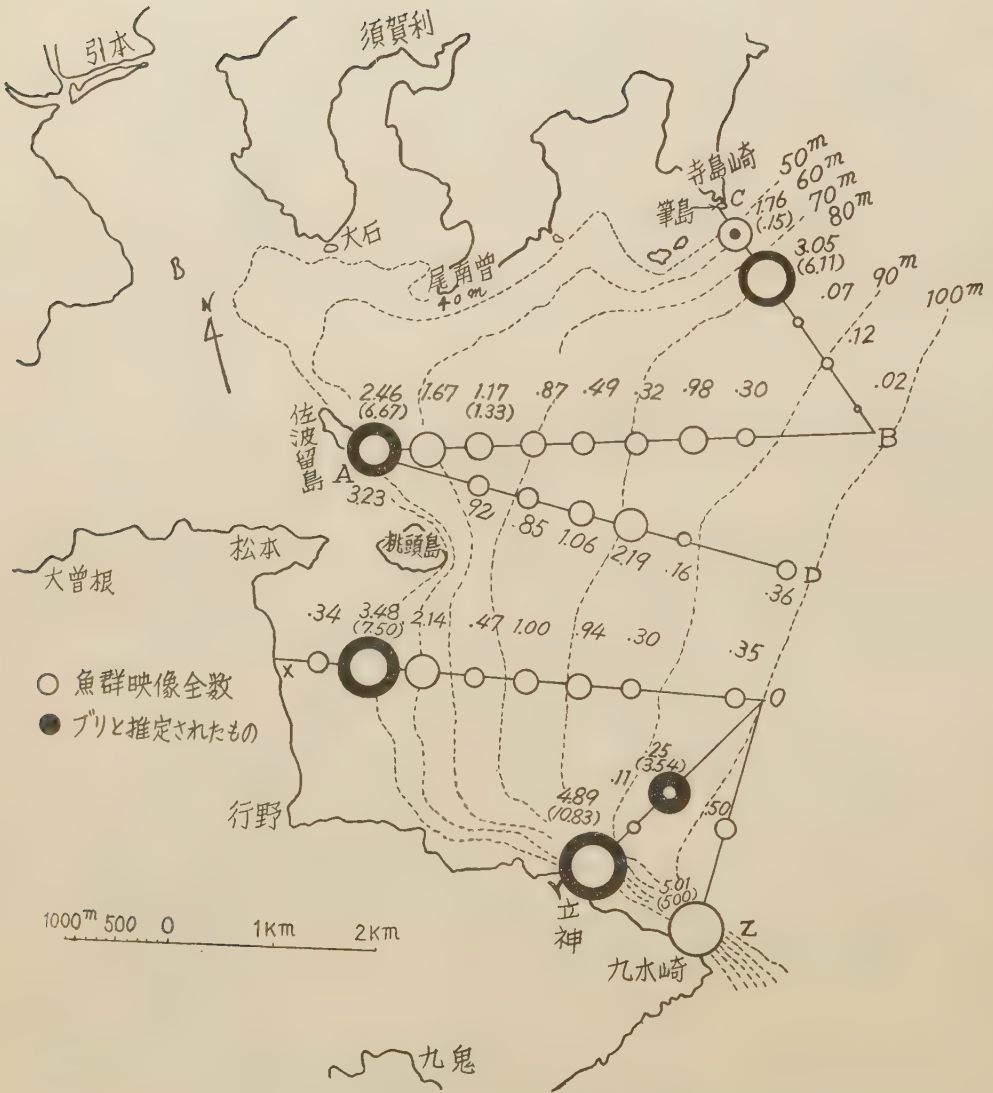


図 3　昭和33年各コースの魚群遭過指数の分布

表 4　昭和33年, ABコースの各500m区間に於ける魚群遭遇指数

（ ）はブリと推定されたもの

年月日	航海数	Ai	$AiXi$	Bi	$BiXi$	Ci	$CiXi$	Di	$DiXi$	Ei	$EiXi$	Fi	$FiXi$	Gi	$GiXi$	Hi	$HiXi$	Ii	$IiXi$	Xi	Xi^2
33. 3. 9	6	.67 (.17)	.099 (.003)	.17	.025					.33	.049									.149 (.019)	.0222 (.0004)
10	8	1.00 (.25)	.139 (.007)	.25	.035															.139 (.028)	.0193 (.0008)
11	5	.60	.053			.20	.018													.089	.0079
12	4	.25	.001																	.028	.0008
15	8	.37	.016																	.041	.0017
17	6	.17	.012	.17	.012			.33	.024											.074	.0055
19	4	.75	.271	1.25	.451	.50	.180			.25	.009	.25	.009	.25	.009					.361	.1303
20	7	.71	.203			.43 (.14)	.123 (.002)	.71	.203	.43	.123	.14	.040			.14	.040			.286 (.016)	.0876 (.0003)
21	6	.17	.025	.33	.049	.33	.049	.33	.049	.17	.025									.148	.0219
22	2	.50	.055					.50	.055											.111	.0123
23	3			.33	.012															.033	.0014
24	2			.50	.028															.055	.0030
4. 3	2													1.50	.250					.167	.0279
4	2											.50	.084	.50	.084	.50	.084			.167	.0279
7	2																				
8	4	.50	.069			.25	.034	.25	.034					.25	.034					.139	.0193
10	2	.50	.084	.50	.084	.50	.084													.167	.0279
Σ			1.026 (.010)		.696		.488 (.002)		.365		.206		.133		.402		.124				.4169 (.0015)
$a=\frac{\Sigma NiXi}{\Sigma Xi^2}$			2.46 (6.67)		1.67		1.17 (1.33)		.87		.49		.32		.98		.30				

両年共全魚種，及びブリと推定されたもの何れの場合にも遭遇指数の大きかった海域はほぼ一致しており，これを海域別にみると筆島沖海域，佐波留島東海域，及び九木崎より立神沖に至る海域であって，何れも湾中央部よりも岸寄りの海域に大きく現われており，特に33年は各コース共陸岸寄より沖合に出るに従って遭遇指数の大きさは漸減の傾向がみられた．又32年比較的大きい2群と遭遇した位置は何れも桃頭島南々東 2.8km 附近の海域でありこの内1群は水平ソーナによる追跡の結果行野水域に向った模様であった．

ブリ魚群と推定されるもの，或は全魚種綜合したもの，何れの場合にも魚群の遭遇指数の大きかった海域が沿岸寄りに殆んど存在する現象は，魚群が遭遇指数の大きく現われた海域，即ち湾部等深線の50m～60m 辺りの海域をだどって動くか，或は湾の中央部附近より湾内に進入後陸岸附近に至迄，陸近に存在する瀬等に或る時間滞游するものがある為に探知される機会が多くなった結果の何れかと考えられる．

以上の結果から尾鷲湾に於けるブリ魚群の魚道を明確に求める事は資料が僅少であり難しいが一応遭遇指数の大きかった海域は魚道の一部を示すものとみて差支えない．

2. 魚群の游泳水深

得られた魚群映像と海深度から各年別の魚群の游泳水深と海深との関係を求め図4，表5に示す．

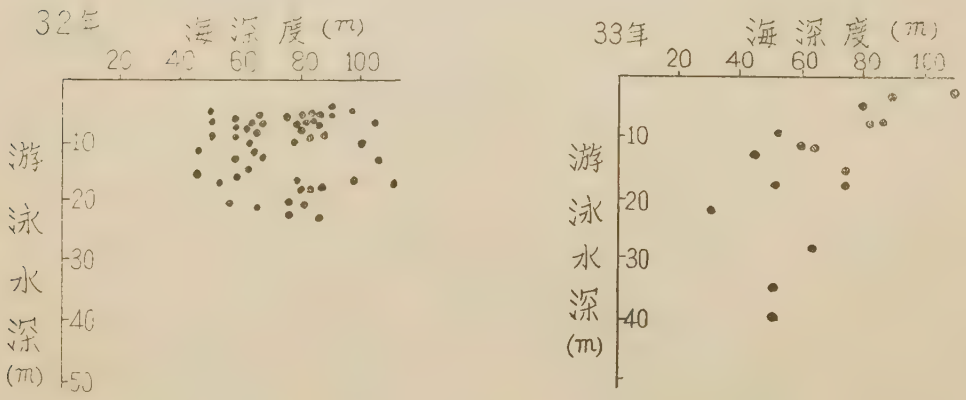


図 4　ブリと推定された魚群の游泳水深と海深度との関係

全魚種群の游泳水深の上限は約2m下限は約72mであり，その数の最も多かった範囲は6m～20mであり，それ以上深くなるにつれ魚群の数は減ずる．游泳水深と海深度の相関傾向は両年共認められない．

ブリと推定された魚群の游泳水深の上限は約3m下限は約37mであり，その数の最も多かった範囲は32年には6m～10m，33年には3m～20mであり，比較的大きな2群の游泳水深の上限は約9mで下限は30m中心部は15～20m附近に存在した．両年共20m以浅に約80%程度が包含され深く成るにつれてその数は減少する傾向がみられた．

表 5　魚群の游泳水深と海深度との関係

(A32年)

游泳水m ＼ 海深度m	1～10	11～20	21～30	31～40	41～50	51～60	61～70	71～80	81～90	91～100	計
1～5			7	1	8	2		3	7	3	31
6～10		2	3	2	13	8	16	11	24	10	89
11～15		1	1	1	8	5	8	4	3	18	49
16～20			5		1	3	5	3	5	14	36
21～25			1	3	1	5	3	3	1	2	19
26～30				1	2						3
31～35				1		1	1			1	4
36～40											
41～45					2					1	3
46～50					1		1				2
51～55											
計		3	17	9	36	24	34	24	40	49	236

(B.33年)

游泳深度m ＼ 海深度m	1～10	11～20	21～30	31～40	41～50	51～60	61～70	71～80	81～90	91～100	計
1～5		1	4	2	4	7	6	6	2	1	33
6～10	2	3	2	3	6	11	10	7	7	3	54
11～15		5	7	3	1	5	8	8	4	1	44
16～20		1	11	2	2	1	8	9	1	1	36
21～25			8	11	3	4	4	3		1	34
26～30			1	5	4	2	4	6	1	1	24
31～35				5	8	2	2	3	2	1	23
36～40				1	9	3			1		15
41～45					6	1	2	1	1		11
46～50					1	1	2	4	2		10
51～55								2	1		3
56～60							1	2			3
61～65									1		1
66～70											
71～75								2	1		3
計	2	10	33	32	44	37	47	53	24	12	294

游泳水深と海深度との相関は32年は特別な関係はみられず，33年には逆の相関傾向が窺われた．

聴取調査，並びに各定置漁場へのブリ漁獲量の配分

ブリの魚道推察の一助として昭和10～33年の期間における九木一号，同二号，尾鷲，須賀利の4大型定置漁場及び昭和28年以降の尾鷲湾内に張られた中小型定置漁場について各々の年々のブリ漁獲量の配分を調査すると共に当業者から尾鷲湾内でのブリ魚群の動きに関する聴取調査を行った．

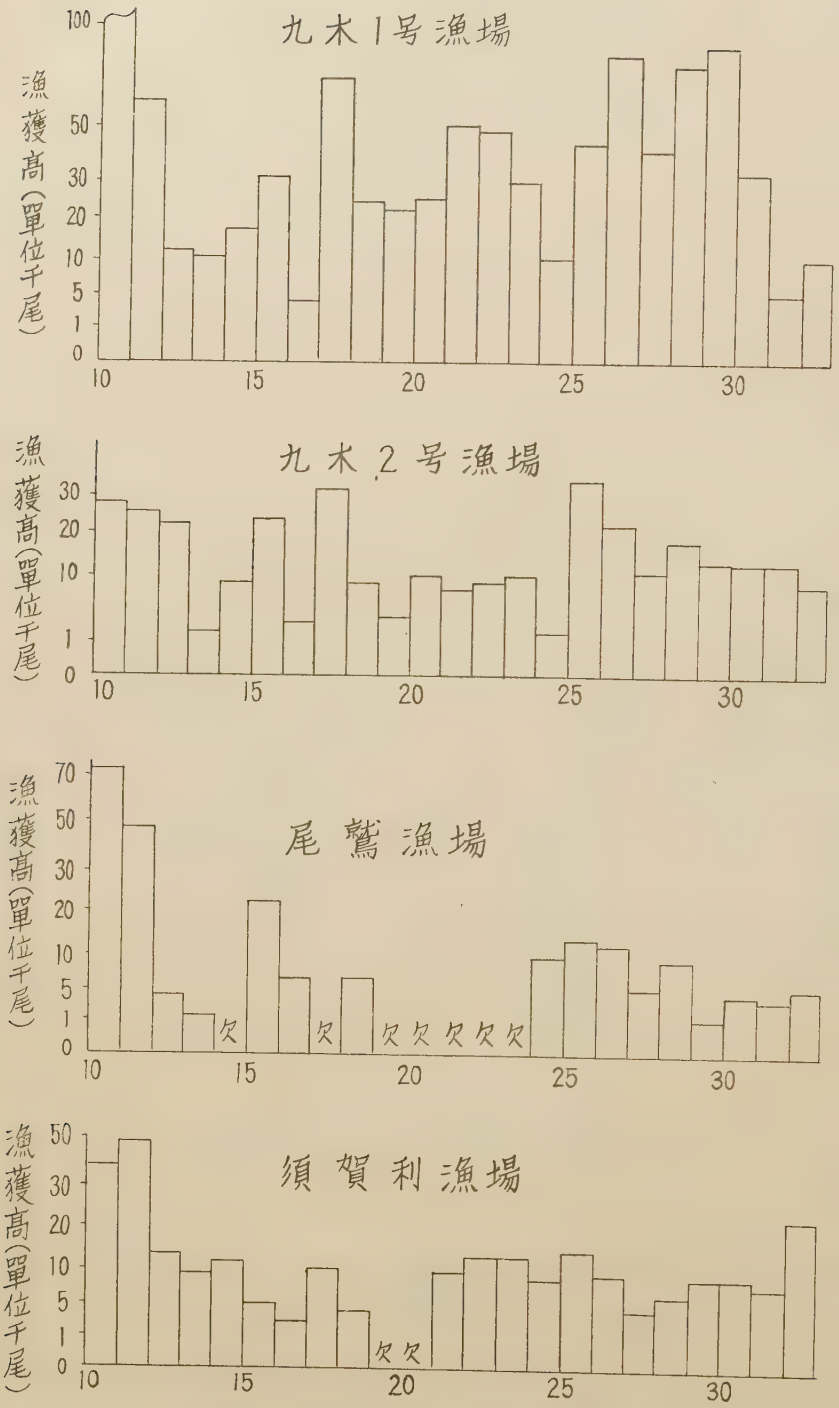


図 5　年別ブリ漁獲高（昭和10年～33年）

4漁場共漁獲記録のある16年間について年々の漁場相互間の漁獲量の配分を求めた結果を表6に示す.(図5)

表6　漁場間の漁獲量の配分

漁場	最高	最低	平均 (m)	標準偏差 (σ)	$\frac{\sigma}{m}$
九木二号	79%	17%	46.3%	16.1%	.35
九木二号	46	8	20.6	11.5	.56
尾鷲	41	4	15.6	12.1	.77
須賀利	46	5	17.3	12.5	.72
其他	—	—	0.3～0.5	—	—

其他は中,小型定置6統の合計

4漁場中最も安定し漁獲配分の多いのは九木一号漁場で他漁場の凡そ2倍以上の値を示しており他3漁場はほぼ同じ値を示している.

網の型状,大きさは4漁場共多少の相違はあるが先ず同一と見做して差支えなく,永年の操網経験から漁獲性能を最大にすべく張立位置が決定されたのであるから,この配分率が大体各々の海域への魚群の来游量に比例するとみる事が出来る.また以上の4漁場以外の中小型定置への漁獲配分は資料が不足で判然としないが求めた配分率からすると(全体の1%以下)極めて少ない事が推定される.

一方過去におけるこの尾鷲湾内でのブリの動きに関して湾附近の当業者からの聴取調査によると,特に記憶に残っているような大群の外洋から尾鷲湾への入込地点は寺島崎南1～2kmの海域,桃頭島南々東4～6km附近の海域,九木崎東微南2km附近の海域に3別され,爾後の行動は30～33年の由見小屋観測の結果とほぼ同じ経路を辿る他,特に3月以降の群が行野水域に廻るものが多いという特徴をもつ模様である。

調査結果に基く尾鷲湾におけるブリ魚道及び游泳水深の推察

以上の諸調査結果を綜合し,更にこれらの調査における諸制約条件,即ち由見小屋からの視野の制約(九木二号のみのため行野水域の魚群及び佐波留,桃頭島両島の東海域等の魚群の見落しが考えられる).各定置網の大きさ及び張立条件,或いは調査期間中にブリ漁況が例年に比して著しく振わなかったことなども考慮に入れて考察検討し,尾鷲湾におけるブリの魚道並びに游泳水深を推察すると大体次の如くである.

i) 尾鷲湾に来游したブリ魚群の行動範囲は概ね尾鷲外湾水域が主である.

ii) この範囲での游泳経路の主幹は年により多少相異するであろうが,尾鷲湾の70～90m等深線に沿うており,これより幾つかの支路,即ち湾型に沿ったW型の支路が分岐している.魚群の集散,各漁場の漁獲数量を考慮に入れて魚道推定図を描くと図6の如くである.

iii) 魚探による調査の期間及び時間は共に限られたものであり,又魚群映像の認定は推定の域を出でず,はたまた小群,個体が多かったので,ブリの游泳水深についてはあまり結論的なことはいわれないが,由見小屋からの観察の結果をも考慮し,更にまた魚類は一般に夜間浮上接岸する習性をもつものが多い事を考え合せるとブリの接岸時における游泳層は左程深くないものもかなりあると推定される.

図 6 尾鷲湾ブリ魚道推定図

終りに本調査に関し種々御助言を賜った東京水産大学名誉教授田内森三郎博士，東海区水産研究所資源数理科長栗田晋氏，三重県立大学教授宮崎千博氏，並びに貴重な資料を提供され終始御援助を戴いた三重県水試尾鷲分場長高芝一男氏及び場員各位に深甚なる謝意を表する．なお使用魚群探知器の一部については古野電気，日本無線，産研の諸社の御援助を得た併せて感謝の意を表する．

文 献

1) 宮本秀明 昭和27年 (1952)：定置網漁論
2) ＿＿＿＿ 昭和31年 (1956)：ていち No. 7
3) 川田三郎・田原陽三 昭和33年 (1958)：日水誌 Vol. 24. No. 6. 7

尾鷲湾ダム放水の漁業に及ぼす影響の予察調査
論 文 集（別 刷） 1 9 6 0
尾 鷲 湾 ダ ム 放 水 影 響 調 査 団

尾鷲湾ブリ定置漁場の塩素量とブリ漁況の関係の統計的研究およびこれに基くダム放水影響の予察

栗　田　　晋
（東海区水産研究所）

I. はしがき

数年来，三重，奈良両県境付近にダムを建設し，尾鷲湾内に放水することが計画されているが，その放水によって付近のブリ定置網その他の漁業が非常に大きな被害を受けるのではないかという問題が起った．そこで実際にどのような影響があるかを科学的に調査し予察するために，昭和31年10月尾鷲湾放水影響調査団が組織された．同調査団は調査研究を一応終り，結論を得て，昭和33年10月に「尾鷲湾ダム放水の漁業に及ぼす影響の予察調査報告」を発表し，同年12月に解散した．

この論文は筆者がこの調査団の一員として行った漁況関係の2つの研究のうちの1つであって，ブリ定置漁場の各深度の塩素量をもとにしてブリ漁況に及ぼす影響を追求したものである．その概要[1]は，筆者のもう1つの研究とともに前記の予察調査報告のなかにすでに発表されている．

ダム放水がブリ定置網の漁況に及ぼす影響を予察するためには，放水が海況その他の環境要因に及ぼす影響を知ることがまず肝要である．そして一方，ブリ漁況とそれらの各環境要因との関係が総合的に明かでなければなるまい．しかしながら実際問題として，ブリ漁況に関係のありそうなすべての環境要因について上記の研究を行うことは不可能である．ブリ漁況に関係が深く，またダム放水によって影響を受けることも多く，しかもその予察が可能な環境要因を選び，それぞれについて別個に予察を行ってそれをまとめる外はない．この意味で塩素量は最も重要な環境要因の一つである．ところが，従来ブリの漁況と海況との関係は重要な水産学上の課題であって，多くの研究があるけれども，ブリ漁場付近の塩素量に関する観測資料がほとんどないために，塩素量についてはここに参考とすべき研究が見当らない．我々の調査団が尾鷲湾付近のブリ定置漁場について日々の各層塩素量を測定し，また湾内外についても53の定点について2,3日置き位に測定したので，始めてこのような研究が可能となったと言うべきである．

もとよりブリ漁況に深い関係を持つ環境要因は幾つもあり，それぞれについてのダム放水の影響の予察結果を総合すべきであるが，本研究はその重要な一端を荷うものと考える．これが尾鷲湾の問題はもちろんであるが，それとともに一般のブリ定置網の漁況の問題について方法論を提供し，寄与するところがあれば幸いである．

II. 漁場の塩素量を使って漁獲日数減少率を予察する方法

ブリは，外洋性の性質を持ち漁場の塩素量があるていどより下れば来難くなり，さらにもっと

昭和34年7月13日受理　東海区水産研究所業績　B第322号

下れば全く来なくなるであろう．このようなブリの来游を遮げる塩素量の上限を，今かりに阻止塩素量と呼ぶことにする．漁場の日々の塩素量は漁期間においても相当な変動を示すが，その日々の観測が各年に漁期間を通じて十分に行われれば，塩素量の平年的頻度分布が推定できる．そこで，別に海洋学的の調査研究の結果，放水によって漁場の塩素量の下るていどがくわしく推察されるならば，その時の塩素量の頻度分布が放水量に対応して予想できるはずである．この放水時の分布においても上述の阻止塩素量以上となる部分の頻度は漁獲可能のそれであり，平年の漁獲可能の頻度に対するそれの率を1より引いたものが，ダム放水によって起る漁獲日数減少率ということができよう．

このことを模式図（図1）によって説明すると，abc は放水開始前の漁場の塩素量の漁期間の平年的頻度分布を表わし，$a'b'c'$ は放水時の予想されるそれを表わす（この場合総頻度数は変らないとしても一般性を失わない）．放水量が多ければ多いほど，塩素量の低下が多いから，この2つの曲線は左右に離れるはずである．m を前記の阻止塩素量とすれば放水後に m より低い塩素量を示す頻度，つまり漁獲不能のそれは $a'b'm$ の面積によって表わされ，漁獲可能の頻度は $mb'c'$ の面積である．放水前の漁獲可能の頻度は mbc の面積であるから，放水のために漁獲日数の減少する率の期待値は

$$1-\frac{\text{面積}mb'c'}{\text{面積}mbc}$$

で計算できるわけである．ただし厳密に言うと，後で述べるように m の点から下で不連続に漁獲が全くなくなるわけではないので，そのための補正が要るが，その補正量は僅かであろうと思われる．

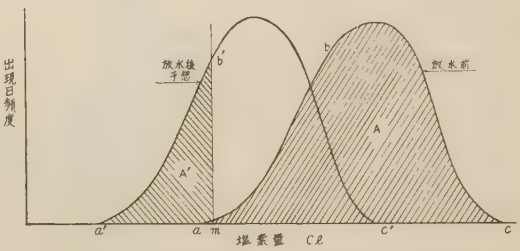


図 1　出現日頻度分布移動予想模式図

III.　漁場塩素量の頻度分布

この調査で，尾鷲湾の定置漁場における漁期中の日々の塩素量[2]については昭和32年1月—5月と昭和32年12月—同33年3月に測定が行われたが，その中で 0, 2, 10, 25m の各層について調べたのは，主として九木一号，同二号と尾鷲の3漁場である．また魚道調査の結果[3]によるとこの方面のブリの游泳水深の上限は6～20mが多いらしいので，上記の各層のうちこれに近い10mおよび25m層の

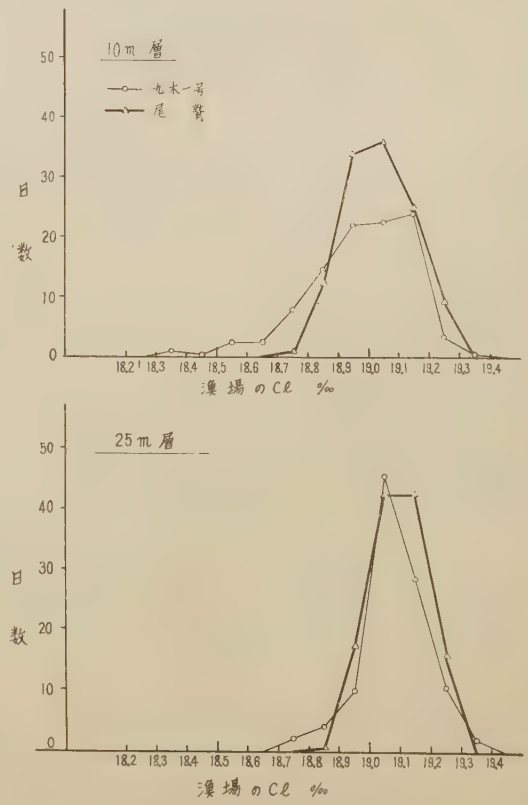


図 2　漁期間の漁場塩素量の頻度（日数）分布
（昭和32年2—5月，同12月—昭和33年3月）

塩素量を取り扱うことにしたが，ブリの漁期を通してその資料が得られたのは九木一号と尾鷲漁場のみであって，漁獲日数減少率の予想を行ったのもこの2漁場に限られている．

まずこの2漁場の漁期間塩素量頻度（出現日数）分布を10mと25m層それぞれに求めると（図2），何れも尾鷲漁場の方が幾分塩素量が大きいようである．この分布を求めるに当って注意したことは，漁期間でも月によって塩素量がかなり異ることである．ここに得られた資料は昭和32年および同33年の2漁期であるが，それぞれに見れば漁期の全期を通していない．両年を合せれば全期となるが，この場合2月と3月は重なる．そこで1漁期間の頻度分布を求める時には，この両月のみは合せた上で半分の頻度とする必要がある．もしそのような注意をしない時には2，3月のみの頻度分布が強調される結果となるからである．

表1　漁場日々塩素量の頻度分布　昭和32年と33年の比較（2月，3月）

A．10m層

月別	2月				3月			
漁場	九木一号		尾鷲		九木一号		尾鷲	
Cl‰ ＼ 年別	32年	33年	32年	33年	32年	33年	32年	33年
18.40—.49						1		
18.50—.59		3				0		
18.60—.69		0				1		
18.70—.79		3				3		
18.80—.89		5				2	1	2
18.90—.99	3	9	2	1	1	1	4	3
19.00—.09	7	5	4	20	3	0	6	10
19.10—.19	2	1	5	3	1	8	8	10
19.20—.29					4	3	3	
19.30—.39					1			
計	12	26	11	24	10	19	22	25
平均Cl	19.04	18.89	19.08	19.06	19.16	19.00	19.09	19.06

B．25m層

月別	2月				3月			
漁場	九木一号		尾鷲		九木一号		尾鷲	
Cl‰ ＼ 年別	32年	33年	32年	33年	32年	33年	32年	33年
18.70—.79						2		
18.80—.89		2				0	1	
18.90—.99		6	1			2	0	
19.00—.09	7	13	4	12	2	3	6	11
19.10—.19	4	5	5	11	1	5	9	14
19.20—.29			1	1	8	5	8	
19.30—.39					4			
計	11	26	11	24	15	17	24	25
平均Cl	19.09	19.03	19.10	19.10	19.24	19.09	19.15	19.11

次に我々が得たいものは平年の頻度分布であって，そのためには調査期間が相当長くなければならないが，2漁期にわたるとは言え，重なっているのは2月と3月のみである．なお年による分布の違いを見るために，漁場毎に10m層．25m層別の2月と3月の両年の分布を表示したが（表1），九木一号はすべて，年により有意の差が見られ，尾鷲漁場は多くの場合にそうである．これは昭和33年は32年とくらべて2,3月には雨量がかなり多かった[12]ためであろうと思われる．2,3月は両年の平均をとったことにより分布が平年に近くなっていると考えられるが，他の月については残念ながらよく判らない．

IV. 漁場塩素量とブリ定置漁況との関係

ブリの海水塩素量の多少に対する反応についてはこの調査団の生理実験[5][6]がある．それによれば，ブリは塩素量に対して敏感であり，成体では平均して塩素量0.5‰の差を一応感知でき，18.5‰の海水に対してはこれを逃避する感受性を持っているということである．

ここではそれと全く別個に，同じ問題を日々の漁況資料[7]と漁場塩素量との関係を統計的に扱うことによって研究した．漁場における各塩素量毎に，その全観測日数に対するブリの漁獲日数の出現率を求めると，ブリが逃避反応を示すような塩素量ではこの出現率が減少するであろう．したがってこの出現率と塩素量との関係を見れば，ブリの塩素量の多少に対する反応の差が推察されると考えたのである．実際にはブリの行動は簡単なものではなく，漁場に着くまでに悪い環境に出会えば，たとえ漁場の海況がよくとも漁獲はないであろうが，魚道をおさえての観測が漁場の位置におけるものほどにはないので，それを吟味する事ができなかった．さらに魚道の海況がよくとも沖合に魚群がいなければ，これまた漁獲はないわけであるが，かような場合の起る可能性は漁場の塩素量には無関係であろうから，統計的に均して見るならば一応考慮の外に置いても差支ないであろう．それから漁獲があったと言っても尾数は様々で，たとえば1日に数尾ていどの漁獲があったからと言って，その時の漁場の塩素量をブリに適するものときめてよいか問題

表2 九木一，二号，尾鷲の漁獲のあった場合の漁場塩素量の頻度分布
（昭和32年2—5月，昭和32年12月—33年3月）

深さ / 尾数 / Cl ‰	10m層					25m層				
	50尾未満	50尾以上	100尾未満	100尾以上	計	50尾未満	50尾以上	100尾未満	100尾以上	計
18.30～18.39	1		1		1					
18.40～18.49	0	1	0	1	1					
18.50～18.59	0	0	0	0	0					
18.60～18.69	0	0	0	0	0					
18.70～18.79	5	2	6	1	7	3		3		3
18.80～18.89	6	4	8	2	10	2	1	2	1	3
18.90～18.99	18	2	19	1	20	3	2	3	2	5
19.00～19.09	28	5	28	5	33	35	7	36	6	42
19.10～19.19	22	4	24	2	26	31	7	34	4	38
19.20～19.29	6	2	6	2	8	12	3	13	2	15
19.30～19.39	1		1		1	3		3		3
計	87	20	93	14	107	89	20	94	15	109
平均 Cl	19.03	18.98	19.03	18.99	19.02	19.10	19.10	19.10	19.08	19.10

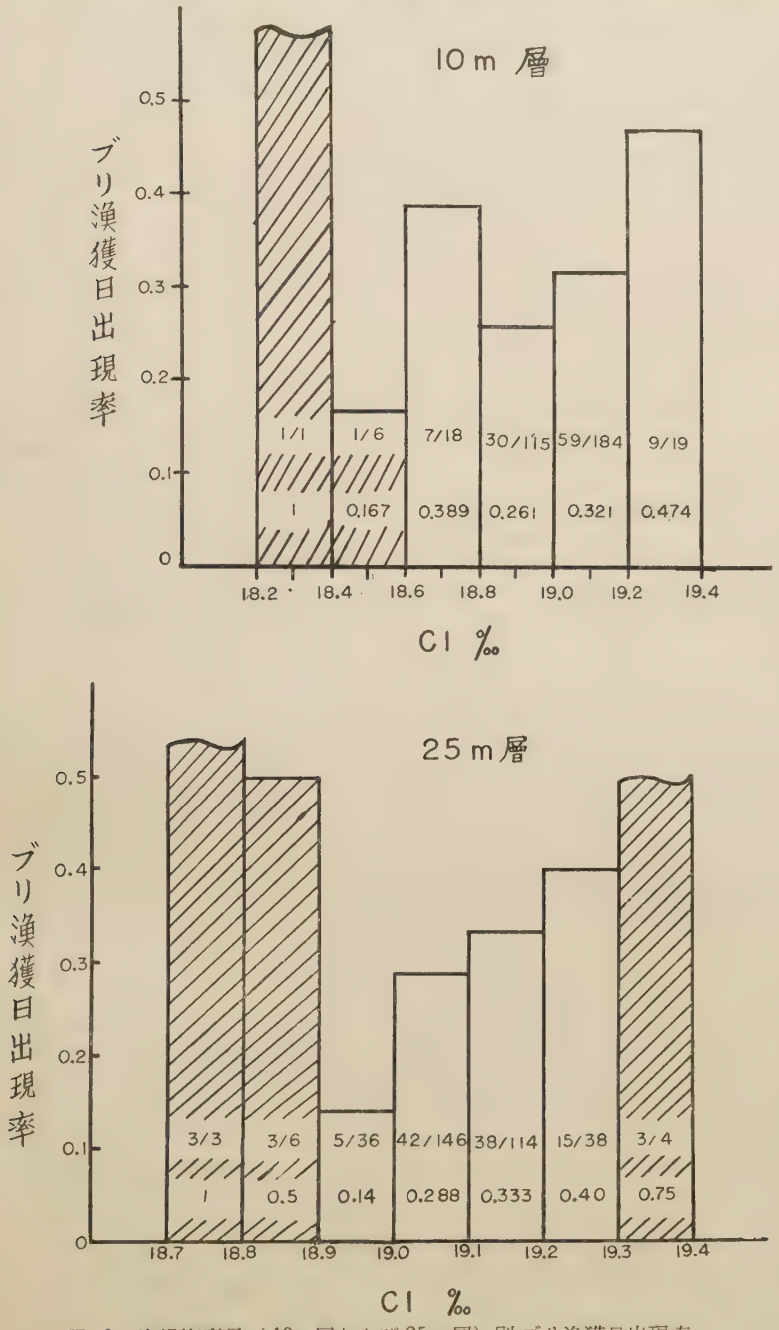


図 3　漁場塩素量（10m層および25m層）別ブリ漁獲日出現率
ブリ定置漁場九木一号，同二号，尾鷲，昭和32，33年資料による．斜線は標本数が少く精度の悪い部分を示す．

である．それで上に述べた出現率を計算するには漁獲尾数の多い時のみを取りあげる方が確かである．ところが調査期間が短いためその尾数を多くすると今度は逆に頻度の方が少くなり過ぎて目的にかなうような統計的推論がほとんどできなくなってしまう．調査が長年にわたって資料が豊富であれば別であるが，ここでは一応50尾或いは100尾を基準とすることにした．

なおこの場合は前章とは異なり平年の塩素量の頻度分布を求めるのではなく，漁獲日の出現率を求めるのが目的であるから，なるべく多くの資料を使うようにして，九木一，二号と尾鷲の各漁場をまとめて扱うことにした．厳密に言えば，漁場によって游泳水深も魚道も異なるであろうが，それについてのくわしい資料がないので，その補正を行うことはできなかった．

以上のようにして，漁場の各塩素量（10mと25m層）に対して漁獲のあった日数を求めて表2に示した．資料数の少いためもあるが，10m，25m何れの層においても，また50尾未満，同以上，100尾未満，同以上とどの区分をとって見てもその頻度分布に有意の差が見られない．したがって漁獲の出現率としては全部まとめて，とにかく漁獲のあった場合のそれを計算することにした．その結果（図3）を見ると，塩素量の高

い方と低い方の両端は資料数が少いのでとくに精度が悪く（斜線がほどこしてある）確かでないが，大体において何れの塩素量に対してもこの範囲では漁獲の出現率に有意の差が見られない．25m 層の 18.90～18.99‰ の場合には小さく，有意の差が見られるが，この塩素量のみがとくに小さいという客観的の条件はちよっと考えられない．

以上のことから前に第Ⅱ章で述べた阻止塩素量はこの図の左端の付近にあると考えることにする．ちっとも阻止塩素量と言っても，前のようにそのところでブリの行動が不連続に替るはずはなく，図4に模式的に示すようにこのあたりでなだらかに出現率が減って行くと見られる．そしてその減っているところの塩素量の範囲の中点を，10m層で見た時に 18.5‰，25m 層で見た時に 18.7～18.8‰位と推定することにする．

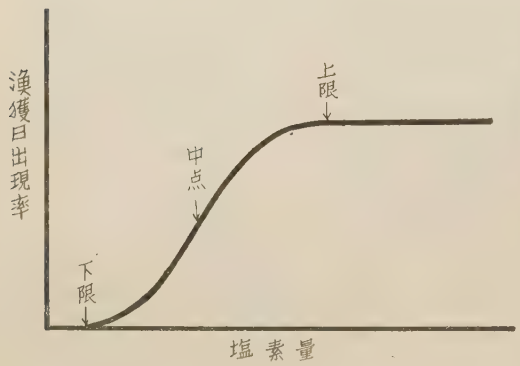


図 4 漁獲日出現率と塩素量の関係の模式図

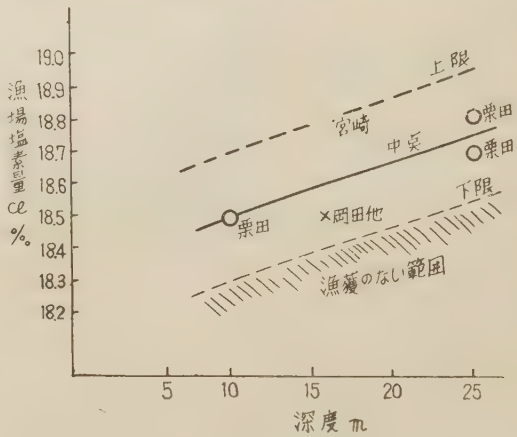


図 5 阻止塩素量の推定値と深度

一方宮崎[8)9)]はブリの来游に影響を与え始めるであろうと思われる塩素量の範囲を深さと関連して推定しているが，なおその塩素量が 18.8‰ 付近で，その水深が 16m 付近の例を示している．このことと前に引用した生理実験の結果と上述の筆者の推定とは，互に矛盾せず，その関係は図5に示すようになる．

V. 放水による漁獲日数の減少率

まず，放水によって，九木一号と尾鷲漁場で各層の塩素量がどのていど低下するかを，坂本が陸水の出水量と海洋の細密調査の結果作った流量—平衡塩素量線図[10)11)]を使って求めた．この場合自然出水量としては，昭和32年と33年の両漁期の又口測水所における流量[12)]から推定して 10～15m³/sec を採った．放水量がそれぞれ，10, 20, 30, 40m³/sec の場合の深度 10m層と25m 層における塩素量の低下量を表3に示す．

表 3 放水による漁場塩素量の低下量‰
（昭和32・33年度調査資料による）

漁場		九木一号		尾鷲	
深度 m		10	25	10	25
放水量 m³/sec	10	0.23	0.13	0.08	0.06
	20	0.43	0.25	0.16	0.11
	30	0.58	0.35	0.25	0.17
	40	0.71	0.44	0.34	0.24

次に第II章に述べた方法に前章で推定した阻止塩素量の範囲を適用して，上の塩素量低下に対応して漁獲日数減少率を計算したのが表4である．この表に示す減少率はもとより標本誤差そ

表 4　ダム放水による漁獲日数減少率
昭和32・33年度資料に基く漁場別 *Cl* 頻度分布による
(陸水自然出水量を10～15m³/secとする)．

漁場		九木一号			尾鷲		
深度 m		10	25		10	25	
漁獲限界 *Cl* の中点 ‰		18.5	18.8	18.7	18.5	18.8	18.7
放水量 m³/sec	10	0.08	0.08	0.03	0	0	0
	20	0.34	0.35	0.10	0	0	0
	30	0.74	0.78	0.34	0	0.08	0
	40	0.93	0.94	0.75	0.04	0.26	0.03

の他すでに述べたような誤差を含んでいるが，これを通覧して，九木一号においては10m³/secの放水が自然出水量に加わる時には5～10%，20m³/secの放水時には20～40%ていどの減少率が予期され，尾鷲漁場においては，10～20m³/secていどの放水ではほとんど漁獲日数が減少しないと予察されるのである．ただしこれは長年を平均した場合にこのていどと見積られるのであって，基準としたよりも自然出水量が多い年にはこの減少率が増すであろう．またブリの来游量は漁場の塩素量のみに左右されるものでないこと勿論で，気象や外洋の海況や資源の量そのものによっても年々大きく変動し，放水があっても平年より漁獲量の多い年も現われるであろう．

VI.　漁獲日数の減少と漁獲尾数の関係

前章で，放水があった時に漁獲日数の減る率を推算したが，これにより漁獲尾数がどのように減るかを考えて見る．放水した時に阻止塩素量以下となって漁獲されなくなるのは，図1のような塩素量分布で低い方であるが，もし阻止塩素量以上でも塩素量と漁獲尾数との間に相関々係があると，漁獲日数の推定減少率と漁獲尾数のそれとは均して見ても食い違うはずである．ところが表2から推測されるように日々の尾数100以上の場合の塩素量の分布も，それ以下のそれも，また50尾を境にした時の多い所のそれも，少い所も分布に有意な差が見られない．したがって阻止塩素量以上ならば，日々の塩素量と日々の漁獲尾数の間に相関々係が認められないというわけである．従って放水のために漁獲の可能性がなくなるような日に，もし放水がなかったならば獲れたはずの尾数がClによってとくに多いとか少いとかという特徴がないと言える．つまりその時々で多い時も少い時もあるので，長年を均して見れば平均的の尾数となり，尾数の減少率は日数の減少率と同じていどと見積ってよいこととなる．

ただし，以上の推論は我々の調査期間について得たブリ漁況と塩素量の関係が平年のものであると見たものであって，もしこれが異常なものであれば異なって来ることに注意しなければなるまい．

VII. 要 約

i) 九木一号，および尾鷲漁場における日々の塩素量を，10m層および25m層について昭和32年2月－5月と同12月－昭和33年3月の両漁期に観測した資料より，両漁場の塩素量の漁期間の平年的頻度分布を求めた.(図2)

ii) 上記の資料に九木二号の昭和33年2,3月のものを加え，これらと日々のブリの漁獲尾数の統計とを対比して，各塩素量毎に漁獲日数の出現率を求めた（図3）結果，この出現率はある塩素量（これを阻止塩素量と名づける）以上では塩素量の多少とあまり関係がないと推察した.

iii) この阻止塩素量以下がブリが逃避反応を示すもので，その上限は或る幅を持っが，本調査団の他の研究結果をも参照して，阻止塩素量は10m層で見れば18.5‰付近，25m層では18.7—18.8‰であろうと考えた.

iv) 同じ調査団の他の研究により，放水量に対応して漁場塩素量の低下量が推定されたので，これを使って，放水開始後の漁場の塩素量の頻度分布を推定した．その中で阻止塩素量以下となる部分の面積は，漁獲が不可能となる日数を表わすものと考えられる．したがって，漁獲可能の部分の面積が，放水のない時に F，放水開始後に F' とすれば近似的に $1-\frac{F'}{F}$ が漁獲日数減少率の推定値となる.

v) 放水による漁獲尾数の減少率は漁獲日数のそれと同じていどと見積ってよい.

終りにのぞみ，本研究に当り貴重な討議を頂いた本調査団員各位，本稿を草するについて有力な助言を賜わった当所源生一太郎所長，ならびに観測を担当された観測部の方々に深く感謝するとともに，計算および図表作成に助力をして頂いた東海区水産研究所茂木雅子技官に厚く謝意を表する.

文 献 お よ び 資 料

略 語 説 明

論 文 集—尾鷲湾ダム放水の漁業に及ぼす影響の予察調査研究論文集，1960

調査報告—尾鷲湾ダム放水の漁業に及ぼす影響の予察調査報告，1958

調 査 団—尾鷲湾放水影響調査団

1) 調査団：調査報告，44—48，1958
2) 調査団：尾鷲湾海洋観測資料，第1，3集，1957，1958
3) 野沢靖，間庭愛信，田原陽三：尾鷲湾における魚道調査，論文集，1960
4) 調査団：調査報告，26—28，1958
5) 岡田弥一郎，花岡利昌，藤本克己：ブリ，アコヤガイ及びイセエビの淡水に対する反応の実験的研究，論文集，1960
6) 調査団：調査報告，P.49，1958
7) 調査団：漁況資料，第1，3集，1958
8) 宮崎千博：尾鷲湾ブリ漁場の塩素量の鉛直分布と漁況との関係，論文集，1960
9) 調査団：調査報告，P39，1958
10) 坂本市太郎：流入陸水の沿岸海況に及ぼす影響—第III報—外海性海湾（尾鷲湾）の塩素量に及ぼす陸水流入の影響並びに発電計画の影響に関する予察，論文集，1960

11) 調査団：調査報告，P 18，1958
12) 栗田晋：尾鷲湾ブリ定置漁場近海の塩分および水温の水平分布とブリ漁況，表5，6，論文集，1960

尾鷲湾ダム放水の漁業に及ぼす影響の予察調査
論文集（別冊） 1960
尾鷲湾ダム放水影響調査団

尾鷲湾ブリ定置漁場近海の塩分および水温の水平分布とブリ漁況

栗田 晋
（東海区水産研究所）

I. はしがき

数年来，三重，奈良の県境付近にダムを建設し，尾鷲湾内に放水することが計画されているが，その放水が付近のブリ定置網その他の漁業に大きな被害を及ぼすのではないかという問題が起った．そこで実際にどのような影響があるかを科学的に調査し予察するために，昭和31年10月尾鷲湾放水影響調査団が組織された．同調査団は，昭和33年4月に調査を終え，研究，討議を重ねて，同年10月に総合的な「尾鷲湾ダム放水の漁業に及ぼす影響の予察調査報告」を発表後，同年12月に解散した．

筆者はこの調査団の一人として，ブリ定置網の漁況の問題を担当し，2つの研究を行った．この論文はその1つであって，尾鷲外湾付近の塩分および水温の水平分布をもって，ブリ漁況に影響を及ぼす海況の手がかりとしたものである．その概要は前記の予察調査報告にすでに発表[4]されている．

ダム放水がブリ定置網の漁況に及ぼす影響を予察するためには，放水が海況その他の環境要因に及ぼす影響を知ることがまず必要である．そして一方，ブリ漁況とそれらの各環境要因との関係が明かでなければなるまい．しかし実際問題として，放水による影響が予察できる環境要因は多くないし，漁況との関係を求め得るそれも少ない．その中で，ブリ漁況との関係が深く，しかも放水によって大きく影響を受けるような環境要因をえらぶことになるが，そのような環境要因はさらに少ないのである．塩素量は，この意味でこの場合最も重要な環境要因であるが，従来ブリ定置漁況に関してこれを取扱った研究は極めて少ない．それは塩素量の測定には比較的技術を要するので，水温，透明度，流動のように観測資料がないからである．また水温等の資料にしても，従来は定置漁場の場所のものか，または外海についての巨視的なものにとどまっている．

本調査団の海洋観測は，期間は1年余に過ぎないが，尾鷲湾に53の定点を設け（図1），2～3日毎に行ったもので，沿岸海域における空間的時間的細密海洋調査であり，塩素量，栄養塩類など項目も多く，得難い資料を提供している．筆者の研究はかような細密調査があって始めて可能であったと言うべきである．もとよりブリ漁況の予察に深い関係を持つ環境要因は幾つもあり，それらの研究の総合の上で放水の影響を判断すべきであるが，本研究はその一端を荷うものと考える．これが尾鷲湾の問題はもちろん，一般のブリ定置網の問題にも方法論を提供し，寄与するところがあれば幸いである．

II. ブリの好漁に対応する水平分布の型

沖合に相当量のブリの魚群があって，その魚群が或る定置網に入る時には，その魚道を含む海

昭和34年7月13日受理 東海区水産研究所業績 B第323号

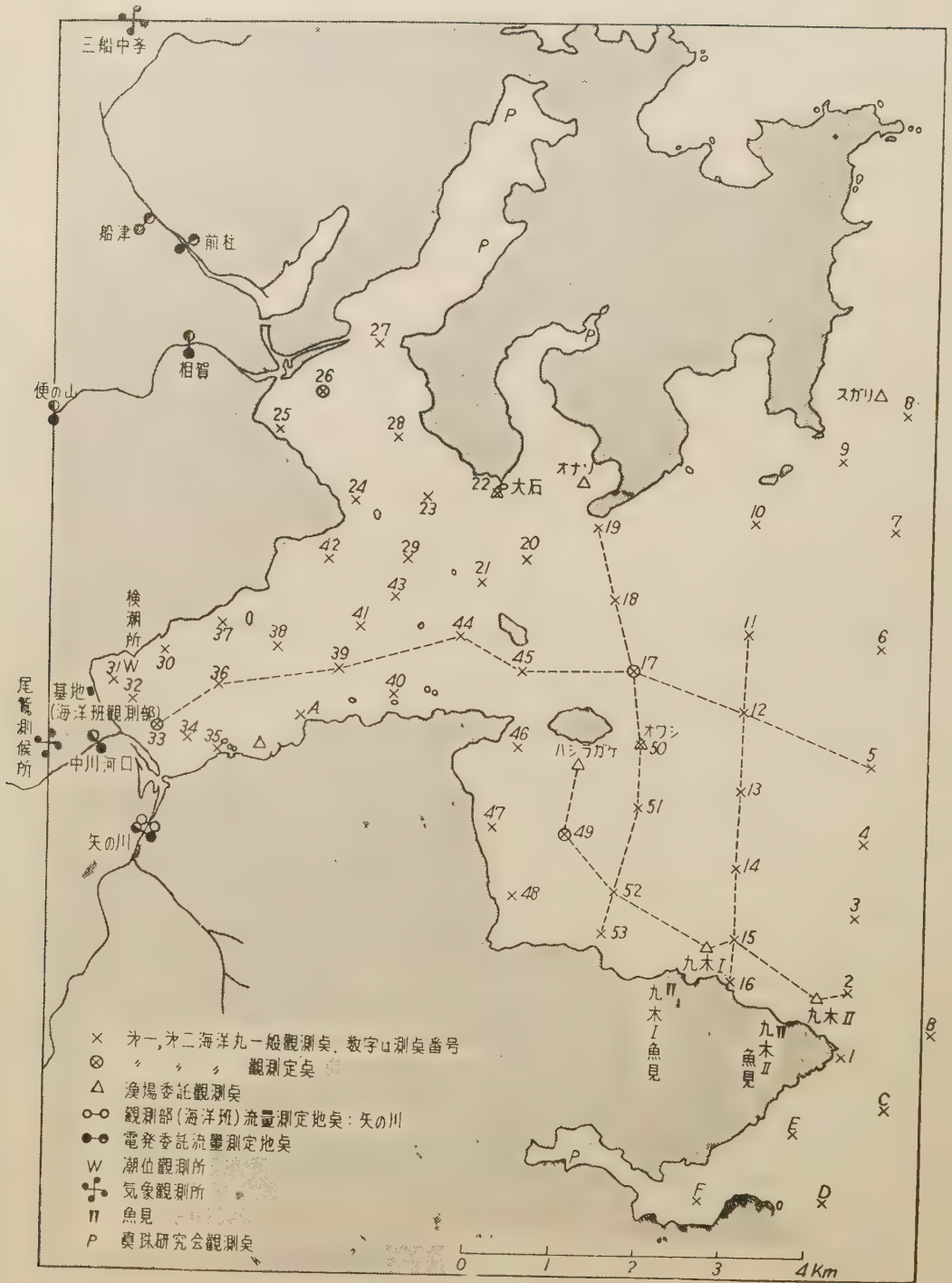

三船中学
船津
前柱
相賀
便の山
検潮所
尾鷲測候所
基地
(海洋班観測部)
中川河口
矢の川
大石
オナ
スガリ△
ハシラガケ
オワシ
九木I
九木II
九木I魚見
九木II魚見
0 1 2 3 4Km
× 第一,第二海洋丸一般観測点,数字は測点番号
⊗ 〃 〃 〃 観測定点
△ 漁場委託観測点
観測部(海洋班)流量測定地点:矢の川
電発委託流量測定地点
W 潮位観測所
気象観測所
魚見
P 真珠研究会観測点

図 1 調査地点図

況が或る特徴を持っているのではあるまいか．海況の重要要素である水温や塩分の水平分布にはブリの好漁を誘うような標準型が，各定置網の地理的条件に応じて存在するのではなかろうか．この想像を確かめるために，まず漁獲尾数の少くない日の水温や塩分の水平分布を集めて分類を試みたのである．

使った水温や塩分の資料は，調査団が昭和32年2月より同33年4月に至る間に観測した[1)2)3)]ものの中で，尾鷲外湾の水平分布を見るに足る125回（日）にのぼるものである．漁況の資料もやはり調査団が調べた，九木一号，同二号，尾鷲，須賀利の日々（朝持，夕持別）のブリ漁獲尾数の資料[4)]のなかで，上述の海洋観測が行われた日（稀には翌日）のものを抜き出したものである．もし，海洋観測を実施した日が定置網のブリ漁況や海況と関連して選ばれていると，このような資料を扱えば結論に偏りが生ずるが，実際には無作為に選ばれていると考えてよい．

好漁の基準としては一応1回の水揚30尾以上とした．この尾数は少な過ぎるとも思われるが，ここに使った水揚30尾以上の日の中で50尾未満の日数は約2割，50尾以上100尾未満も2割ていどあって，もしこれらを除くと資料日数がかなり少くなつて，水平分布を分類して統計的に標準型を探し出すことができなくなるのを恐れたのでもある．

そこでまず上記の各漁場の何れかでブリが1回30尾以上漁れた日について，それぞれ水温と塩分の水平分布を調べた．水平分布は表層と10m層を見たが，10m層は観測点が少くて分布を見るに足る日が極めて少なかった．通覧して気づいた点は次の通りである．

i) 水温の分布と塩分のそれとはよく似ている．

ii) 大部分の水平分布は4つの型に分類できる．

iii) この4つの型は夫々各漁場の好漁に対応している．

i) のことは冬ブリの時期には，沿岸水は低温で低塩分，外洋水は高温で高塩分であること，そして水平分布は主として沿岸水と外洋水の入り混り工合を表わしていることを考えれば当然であろう．ii) および iii) は興味があることで，これを統計的に吟味することにする．

4つの型は図2A～Dに模式的に示し，図3に実際の例を挙げて置いた．これらの標準型をそれぞれA, B, C, D型と名付ける．そして30尾以上漁獲のあった26個日の水温および塩分の水平分布を，上記の4つの型とその他の型の計5種にわけ，更にこれを，漁獲のあった漁場で4つにわけ

図 2A　表層水温，塩分水平分布図
A型　九木1，2号で漁れる型

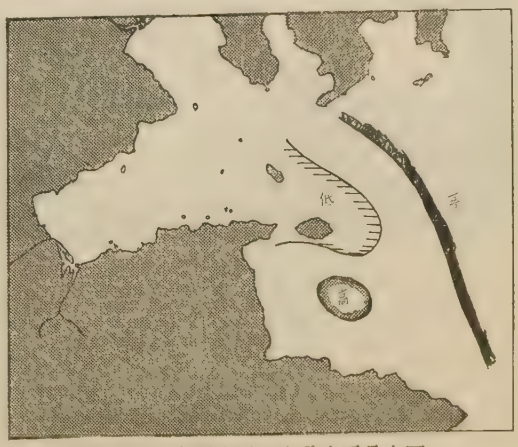


図 2B　表層水温・塩分水平分布図
B型　尾鷲漁場で漁れる型

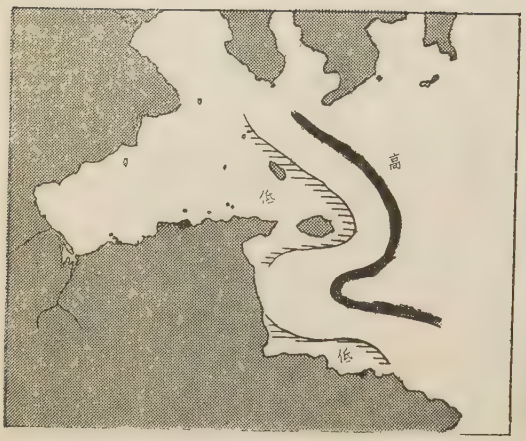


図 2C 表層水温・塩分水平分布図
C型 2個所以上で同日に漁れる型

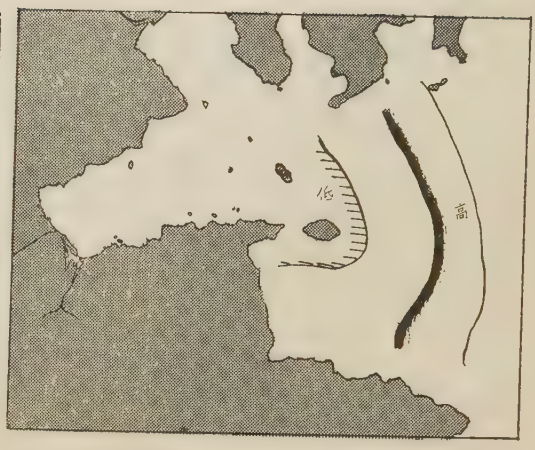


図 2D 表層水温・塩分水平分布図
D型 須賀利漁場で漁れる型

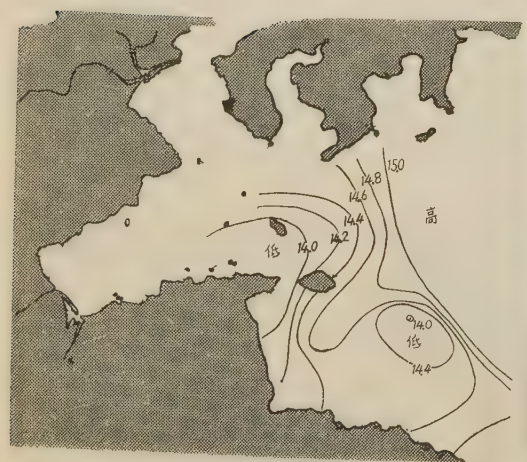


図 3A 表面水温分布図A型の実例
昭和32年3月24日 9h12m～14h56m
(九木二号 夕持 200尾)

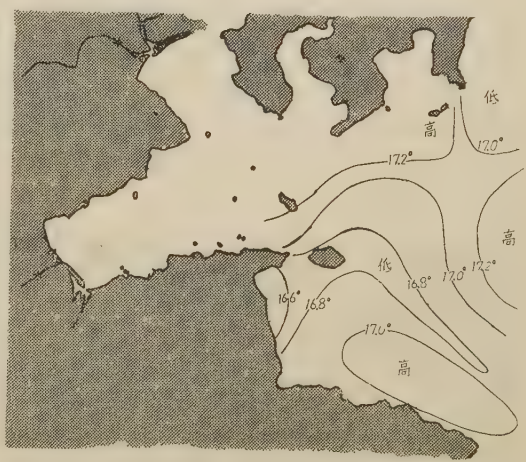


図 3B 表面水温分布図B型の実例
昭和32年4月24日 8h45m～14h37m
(尾鷲 朝持 34尾)

図 3C　表面水温分布図C型の実例
昭和33年2月27日 11h57m～14h47m
(尾　鷲　朝持　532尾
須賀利　朝持　1354尾)

図 3D　表面水温分布図D型の実例
昭和32年3月12日9h10m～12h42m
(須賀利　朝持　2621尾)

表 1　ブリ冬網期（昭和32年2～5月，同12月～33年4月）における海況の型の出現日数（調査日のみ）

漁獲状況	漁場	海況の型 A	B	C	D	ABCD小計	その他	計
好ブリ30尾以上漁上	九木 1,2	5		3		8	2	10
	尾鷲		2	1		3		3
	須賀利				3	3		3
	2ヶ所以上			8		8	2	10
	小計	5	2	12	3	22	4	26
少ブリ30尾未満	九木 1,2		3		1	4	1	5
	尾鷲		1	1		2	1	3
	須賀利					0	1	1
	2ヶ所以上	1		1	2	4	2	6
	小計	1	4	2	3	10	5	15
無漁		2	4	11	5	22	11	33
少無漁計		3	8	13	8	32	16	48
総計		8	10	25	11	54	20	74

た．場所の近い九木一，二号を一緒にしたものと尾鷲，須賀利，およびこれらのうち2ヶ所以上で同時に漁れた場合の計4種である．その結果は表1のとおりで，水平分布の標準の型が，それぞれはっきりと各漁場に対応すること，これらの型に属しないその他の型が非常に少いことがわかる．しかもそのうちの一例を除けば，"その他の型"は100尾未満の場合である．これらのこと

から4つの標準型は好漁を誘う型らしいと思わせるが，B型の場合のみは何れも40尾未満であって，これを好漁型と言ってよいかどうかは疑問である．なお，以上の統計のみでは好漁型と言えるかどうか不十分であるから，30尾未満という少漁のあった日および冬ブリの時期（ここでは昭和32年2～5月，同12月～33年4月）の全く漁獲のなかった日についても，同様にそれぞれ水平分布を通覧して，A, B, C, D, およびその他の型の5種に分類し，それぞれの出現日数を数え，なお30尾未満漁獲の場合には，好漁の場合と同じようにさらに漁場によって4種に分けて見た．この結果も表1に示してある．今度は，標準型と漁場との対応は，30尾未満の少漁の場合には日数が少いので統計的に見ても明かでないが，実際にもなさそうである．また標準型は少漁，無漁の何れの場合も相当数現われているが，その出現率はそれぞれ$1\%_{15}$，$2\%_{33}$であって，この2つの場合の間には有意な差は認められない．しかし，好漁の場合の$2\%_{26}$とくらべると有意の差があって，4つの標準型は好漁の場合にとくに現われやすいと言える．言いかえれば，A, B, C, D 型の水平分布は，それぞれ対応する漁場での冬ブリの好漁をさそう海況要素であることを暗示する．

なおこれらの標準型の中で C 型は出現の回数も多く2ケ所以上で漁れやすい型で，しかも1,000尾以上漁獲の $4/6$ がこの型に属しておることからとくに好ましいように見える．

III. 標準型水平分布の成因

何ゆえにこのような標準型が現われ，そして好漁を誘うのか．この問題に答えるのには，突込んだ海洋学的なそして生物学的な研究を要するであろうが，ここでは得られた資料の範囲でざっと考察するにとどめることにする．

宇田[5]，坂本[6]の推定した尾鷲湾の流線[7]では，外洋水の流入は主として湾の北岸寄りに行われ，これに対し沿岸水の流出は南岸寄りが主であるが，宇田は外洋水にはなお，尾鷲外湾の南岸に向う南西流があることを示唆している．また石井[8][9]は沖合の流れ藻を追う漁業者らの意見などによって尾鷲湾沖合の海流には北向の時と南向の場合があり，これに伴って湾に入り込む流れ（沖潮）が見られると云っている．これらのことは，さきに水平分布を通覧して述べたこととよく合っている．冬ブリの時期には水温や塩分の高低によって，外洋水と沿岸水の区別が容易にできるし，水平分布の線によって流れの模様も水塊の勢力もほぼ想像できる．それを各標準型に対して，示したものが表2である，このなかで，少し前のことが記してあるが，これは実際の観測資料からの推論である．好漁の場合，その漁場の前日や前々日の水温，塩分の観測結果を見る

表 2 各標準型における水塊の強弱，流れ

型	外洋水流入	沿岸水流出	とれる漁場
A	南西流が強く，北西流が弱い	現在は弱いが，少し前に強かった	九木1,2号
B	南西流が現在はあまり強くないが，少し前に強かった	普通の強さ	尾鷲
C	南西流，北西流共に強い	強い	2ケ所以上
D	弱い	普通の強さ	須賀利

と，これらの標準型は多くの場合，水温や塩分の昇りつつあるところに当ることがわかるが，こ

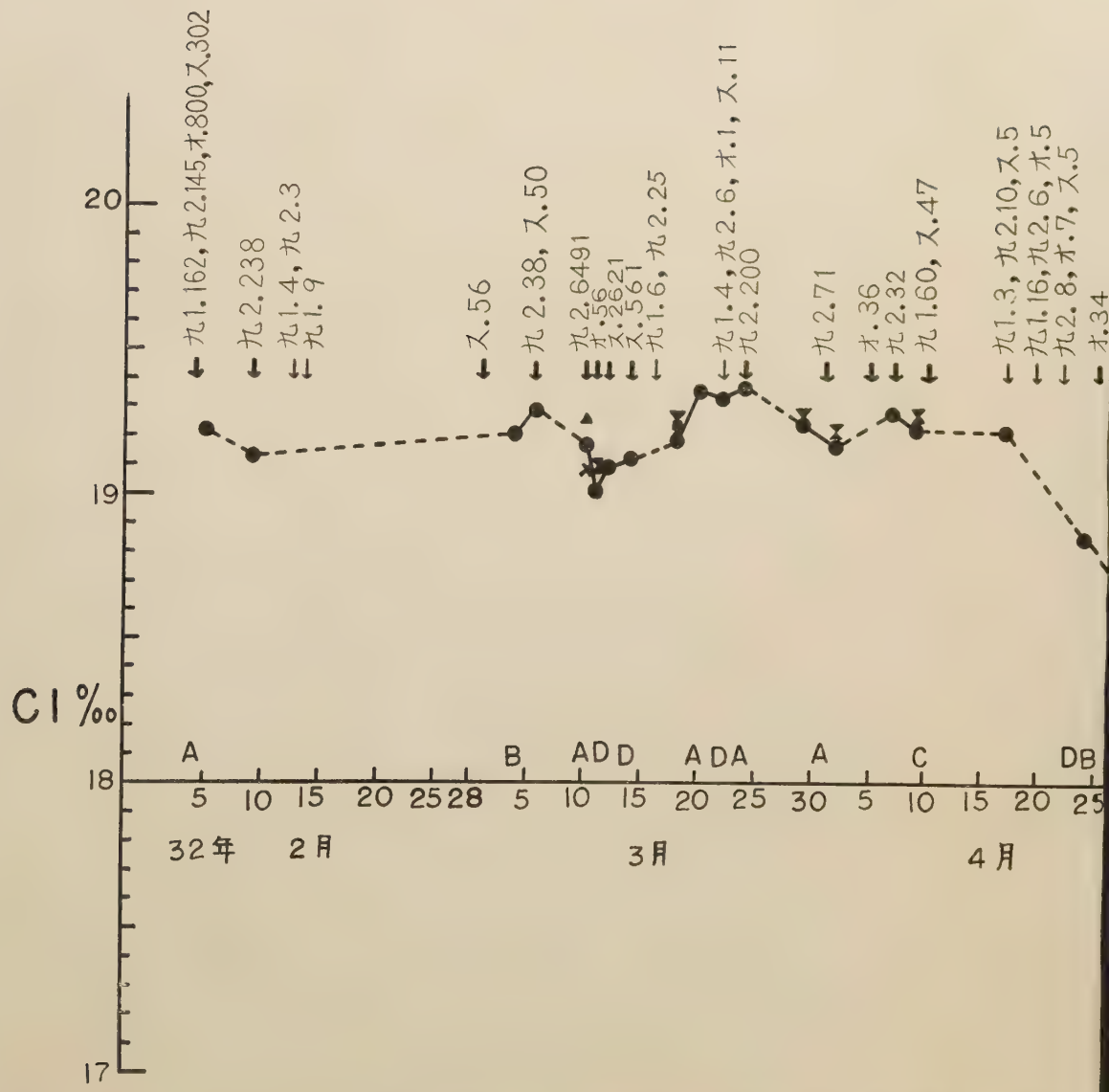
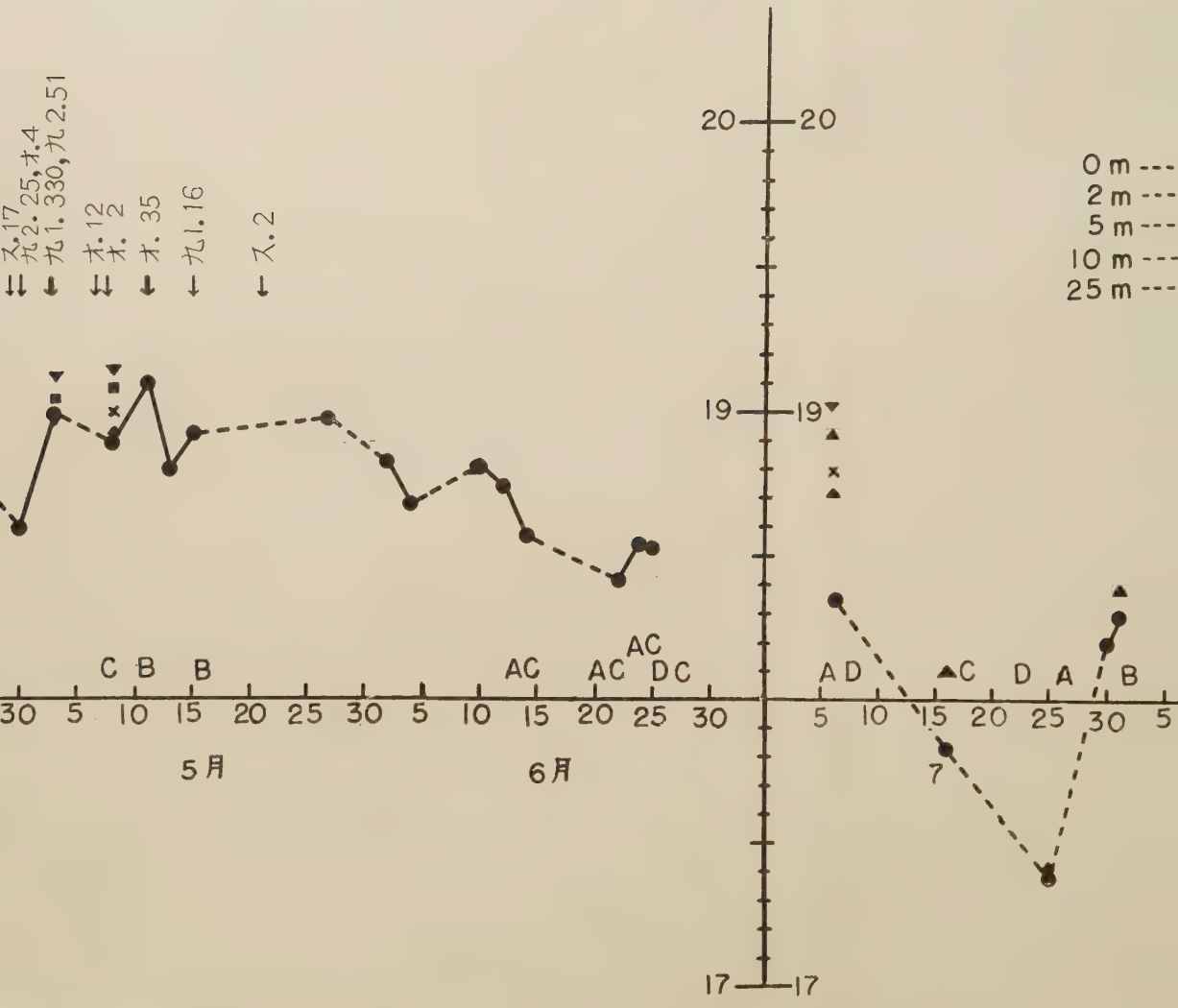
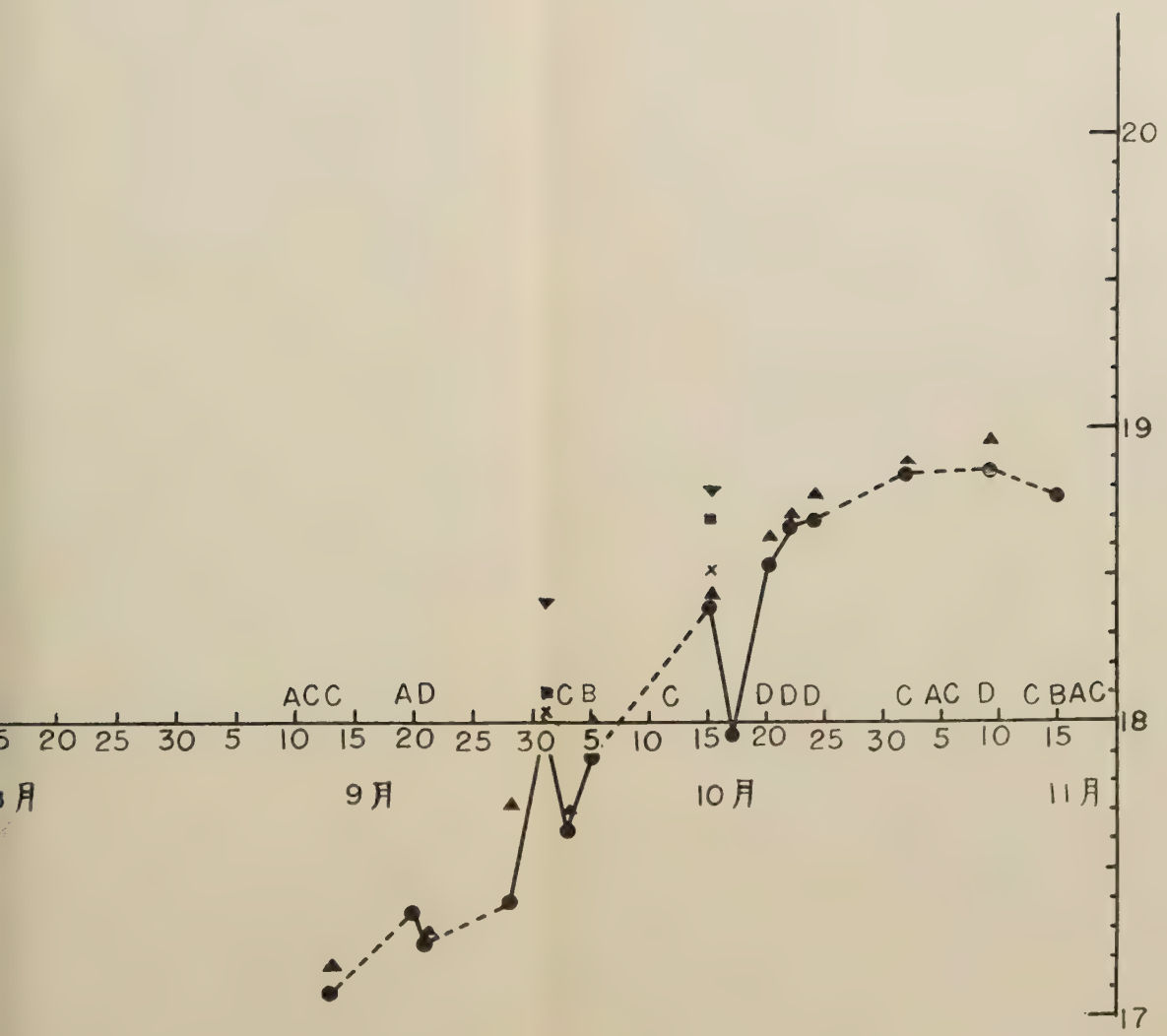


図 4 尾鷲湾口における外洋系水の塩素量（各層）の経日変動，ブリ漁況および

註，九1……九木一号，九2……九木二号，オ……尾鷲漁場，ス……須賀利
数字はブリの漁獲尾数，太い矢印は30尾以上の場合
A, B, C, D, は塩素量と水温の水平分布の標準型を示す


ス.17
ホ.2.25,オ.4
ホ1.330,ホ2.51
ホ.12
オ. 2
オ. 35
ホ1.16
ス. 2
0 m
2 m
5 m
10 m
25 m
20
19
17
C B B
AC AC DC AC
A D C D A B
30 5 10 15 20 25 30 5 10 15 20 25 30 5 10 15 20 25 30 5
5月
6月
7

塩素量の水平分布型


20
19
18
17
ACC AD CB C DDD C AC D C BAC
5 20 25 30 5 10 15 20 25 30 5 10 15 20 25 30 5 10 15
8月
9月
10月
11月

れはこの表に述べたことと矛盾しない．以上を総じて，外洋に直接面した須賀利漁場に好漁をもたらすD型を除けば，他の3つの標準型は何れも外洋水入込みの強い場合で，とくに南西流，北西流ともにそれが強いC型が最も好ましいこと，沿岸水もこれに対抗し得るもので弱過ぎないことが必要であることが言えよう．事実C型の起る場合は他の型に比べてはるかに多い．

このように外洋水の入込みが強いことが好漁の条件らしいが，これを裏付けるために必要な外洋水の流入の直接の観測資料は残念ながら得られていない．そこで時間の函数として外洋水の強さの変動を相対的にでも見ようと考え，同様の海洋観測資料を別の方法で分析して見た．尾鷲外湾の観測点の中で一番外側に南北に連る St. 1～9の9個（または8個）の観測塩素量中，最高のものを外洋系水のものと考え（厳密には下層のものでないとそうは言えまいが），その変動を示したのが図4である．観測資料が少く，とくに昭和32年末 33年4月にはこれら外側の観測が全くなくて，はっきりしたことが言えないが，昭和32年，2，3月頃九木一，二号で多く漁れる時には大ていの場合外洋系水の塩素量は前後の日より高い．つまり流入が強い時に好漁があると言えるようである．また観測日毎にこの外側の定線の中で最高の塩素量を示す点の頻度は表3のとおりで，北部の寺島崎に近い第7，8点が多く，この2点のみで5割を占めている．このことは宇田の指摘した外洋水の流入が北岸寄りに多いことと一致する．

表 3　外洋性観測点の最高塩素量を示した頻度
(昭和32年2月～5月)

観測点	1	2	3	4	5	6	7	8	9	計
最高塩素量を示した回数	2	2	0	3	3	2	9	7	4	32

以上は好漁型の水平分布を示す海況がどのような条件と機構で出来るかを，ごく大ざっぱに推察したものであるが，次に何故これが好漁を誘うのかを考えて見る．まずブリ群は外洋水に乗って回遊するので，外洋水が湾内に強く流入すれば，それに従って湾内に進入し入網の機会が増すであろうし，一方沿岸水との接触によって潮目を生ずれば，ここに魚群が停滞することも広く知られている法則である．われわれの調査団の海洋観測資料にもそのような潮目をしばしば観測しているのである．潮目が多く強いほどその現象は著しいであろう．C型の好ましいわけがこれで説明できよう．

IV.　ダム放水が行われた場合の水平分布の推察

冬ブリの時期にダム放水が行われたならば，尾鷲外湾の水温や塩分の水平分布はどのように変るであろうか，好漁型分布の形成を遮げはしないであろうか．尾鷲湾のような複雑な地形ではそれを理論的に求めることは難しく，実際に観測した資料から似たような条件のものを抜き出すか，或いは模型実験による外はないであろう．ここでは前者の方法による．

冬期には一般に湾内に注ぐ自然の淡水の量が少いので，上の推察法が統計的に見てちょっと無理のように思う．しかし他の季節の観測資料にはいろいろの降雨量－淡水流出量に対するものがあって役に立ちそうである．ただし，前にも述べたとおり，標準型分布は外洋水と沿岸水との入り混り工合によってできるものであるから，他の季節の外洋水の入り込みの強さが冬期と同じよ

うなものでないと冬ブリの場合に適用できないことになる．それを確かめる資料は残念ながら無い．

さて，冬期以外では水温の高低が塩分のそれと対応しないので，水温の分布は使えない．そこで塩素量の水平分布の資料を通覧して，昭和32年6月～11月の間の51回(日)の資料を分類した．この場合には，A型とC型を重ね合せたような型が相当見られたのでこれらもAC型として分けて見た．それから尾鷲湾に注ぐ河川の流量の多少から見て，この期間が6～7月，8～9月，10～11月の3つに分けられるので．水平分布のの出現日数をこれによっても分類した．その結果．出現日数を表4にまとめたが，これを見ると好漁に対応する水平分布の型の出現比率は29/51であって，自然出水量の少い冬季のそれが54/74であるのとくらべ幾分少いが有意の差とは言えない．さらに海洋観測を行った全期間を，自然出水量の多少によって6つの期間に区分し，その各期間毎に，好漁型の水平分布の出現日数の比率を見ると（表5），昭和32年5月，同6～7月は少く，32年12月～33年4月は多いようである．しかしこれを自然出水量と対比して見ると（図5），函数関係は別に認められないようである．ここにかかげた自然出水量は銚子川水系の又口測水所の毎日10時の測流量記録を元にして，尾鷲湾に注ぐ全河川の平均出水量を推定したものである．これらの事から，均して見た場合相当の出水があっても好漁を誘うような標準型の塩分水平分布の現われることが遮げられることがないように見える．

表 4　昭和32年6～11月の間の海況の型の出現日数

期　間	好漁しやすい海況の型						その他の海況	計
	A	B	C	D	AC	小　計		
6・7月	2	0	2	3	3	10	11	21
8・9月	1	1	1	1	1	5	3	8
10・11月	1	1	6	4	2	14	8	22
計	4	2	9	8	6	29	22	51

表 5　好漁型海況の期間別出現日数（海洋観測が行われ水平分布のわかる日のみ）と自然出水量

期　間	A,B,C,D,AC の計 a	その他の日数 b	計 c	a/c	尾鷲湾自然出水量(推定) m^3/sec
32年 2～4月	15	6	21	0.71	9
5月	3	4	7	0.43	52
6～7月	10	11	21	0.48	37
8～9月	5	3	8	0.62	150
10～11月	14	8	22	0.64	22
32年12月～33年4月	36	10	46	0.78	18
計	83	42	125	0.66	

しかし，以上は1ケ月以上にわたる自然出水量の平均値について考えたのであって，大きな変動を示す日々の出水量と対応させると事情が異って来る．表6は又口測水所の日々の流量表に，その日の海況の型と好漁日を付記したものである．これを見ると，好漁型の水平分布は，又口測水

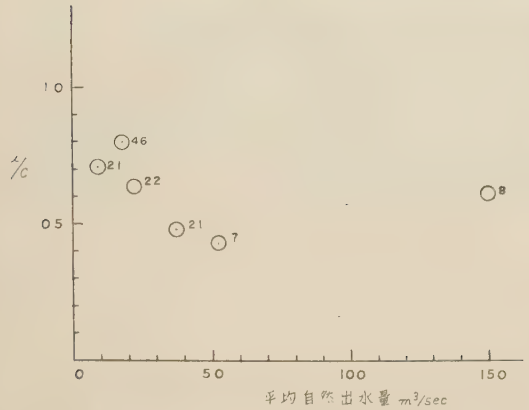


図 5　尾鷲湾平均自然出水量と好漁型海況の出現率との関係

所より尾鷲外湾に至るまでの所要日数[8]（3，4日）を考慮すれば，昭和33年の1～3月には 2～4 m³/sec の流量の山によく符合し，夏，秋期における 10m³/sec ていど以上にのぼる大量の出水はこの形成をさまたげているようである．ここに言う流量は尾鷲湾に注ぐ全自然出水量に換算すると，2～4 m³/sec は 28.7～57.4m³/sec となり，10m³/sec は 143.3m³/sec となることに注意する．

V.　ダム放水がブリ漁況に及ぼす影響

以上の結果からブリ漁況に及ぼす影響を考えると，尾鷲湾内に 140m³/sec 以上の大量の陸水が1日ていどでも流出する場合には，その影響が少なくなるまでは好漁型の水温，塩分の

表 6　自然流量と海況の型，
自然流量 ……又口測水所午前10時の流量m³/sec．太字
A.B,C,D,AC……尾鷲湾塩素量の水平分布のブリの好漁と
○……ブリ100尾以上漁獲の日　＊……塩素量の

月／日	32年 1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月
1	0.17	0.42	0.22 ＊ A	0.21	0.76	3.09	4.97 ＊B	1.26
2	0.17	0.39	0.22	0.21	0.81 ＊	2.42	4.04	1.20
3	0.16	0.42	0.22 ○	0.20 ＊○	0.72	1.70	**7.68**	1.14
4	0.16	＊○ C 0.39 ＊	B 0.22	0.20	0.63 ＊	1.40 ＊	5.17	1.08
5	0.16	0.36	0.23 ○	0.20	0.86	0.86	3.71	**7.35**
6	0.16	○ 0.86 ＊	0.23	0.20	1.02	2.55 ＊A	2.81	2.81
7	0.14	**1.33**	0.22 ＊	0.26	1.14	**4.58**	2.31	2.55
8	0.14	○ 1.14 ○	0.31 ○	0.24 ＊	C 1.54 ＊	2.81 ＊D	1.98	3.39
9	0.13	＊○ A 0.67 ○	**0.76**	0.24	1.20	1.70	1.79	2.81
10	0.13	0.55	＊○ A 0.45 ＊	C 0.23	1.02 ＊	1.40	1.70	2.31
11	0.12	0.48	0.39	0.27 ＊	B 1.20	1.70	2.08	2.31
12	0.12	0.42	＊○ D 0.36	0.27	**50.80** ＊	1.61	2.19	**8.75**
13	0.11	＊ B 0.39	0.34 ○	0.23 ＊	4.97	1.61	2.08	6.23
14	0.10	○ 0.36	＊○ D 0.31	0.23	1.70	＊A C 1.47	1.88	3.54
15	0.09	0.34	0.29	0.22 ＊	B 1.33	1.33	1.61	2.81
16	0.09	○ 0.36 ＊	0.27	0.21	1.14 ＊	1.26 ＊	1.47	3.87
17	0.09	0.34	0.27 ＊	0.22	1.02	1.26	**5.79**	6.46
18	0.09	0.31 ＊	0.26	0.22	0.91	**7.35** ＊C	2.68	38.50
19	0.22	0.31	0.26	0.23	0.91	3.39	2.31	**94.00**
20	0.22	0.29 ＊	A 0.24	0.86	**6.01**	2.42	1.98	50.80
21	0.22	0.27	0.24	0.63	3.54	1.98	1.70	39.50
22	0.19	○ 0.26 ＊	D 0.23 ＊	D 3.87	1.54	＊A C 1.70	1.61	18.80
23	0.19	0.26	0.23 ＊	D **13.30**	1.20	1.70 ＊D	1.70	8.02
24	0.19	0.26	＊○ A 0.24 ＊	B 1.79	1.02	＊A C 1.47	1.47	29.80
25	○0.19	○ 0.24	○ 0.23 ○	1.98	3.39	1.33 ＊	1.33	21.60
26	0.40	0.24	0.22	1.79	1.33 ＊D	1.26 ＊A	**2.42** ＊	5.17
27	0.40	0.23	0.22	1.33 ＊	1.02	2.19	2.19	3.87
28	0.27	0.23	0.22	1.02	0.97 ＊C	**7.04** ＊	1.98	2.81
29	0.24		0.22 ＊	0.97	1.20	5.17	1.61	2.42
30	0.67		○ 0.21	0.86	**12.80**	7.68 ＊	1.47	1.88
31	0.57		○ 0.22	＊	4.40		1.33	1.70
平均	0.20	0.43	0.28	1.09	3.62	2.58	2.55	12.20

水平分布の形成がさまたげられ，従ってこの面のみからでもブリの漁況に悪影響があると言えるであろう．しかし 30～60m³/sec ていどの流出があっても1日以内にとどまりその後，3，4日以上休む場合には，好漁型の分布が現われてブリ漁況によい影響があることも考えられる．なお上の流出量にはダム放水以外の自然流量を含んでいることに注意したい．冬期の尾鷲湾内への自然出水量は，年によって異なるが，表5から推定すると昭和32年には 10m³/sec 以下，昭和33年には多くとも 20m³/sec ていどである．なお上述の漁況の予察は水温と塩分の水平分布のみを手がかりとしたものであって，漁場における塩分の多少が，ブリの生理に及ぼす影響を左右することについては別に考慮せねばならない．この点は筆者のもう1つの論文[10][11]や宮崎[12][13]の研究を参照して頂きたい．また出水量の資料は又口測水所1か所で毎日1回観測したものであって，毎日の平均ではない．この点資料が不備と言うべきであろう．

次に，1か月ていどの平均をとると，出水量の多少が好漁型水平分布の出現と関係がないごとく見えるが，この資料では出水量に日々の変動がかなりあるので，もしその時間的の変動が少くて連続的に放水したとすれば，出水量の多少が水平分布と関係がないと断ずるわけには行かない．しかし，前述のように，放水量に相当の変動があり，あるていど以上の間隔を置く時には，

好漁日一覧表
は流量の極大値の明かなもの
なり易い型の種類（図2参照）
外湾における水平分布の観測のある日

9月	10月	11月	12月	33年 1月	2月	3月	4月
1.54	* 5.17	0.63	1.14	0.72	0.91	* C0.59	1.08
1.47	3.54	*C 0.59	* 1.02	0.86	1.02	0.63	○ 1.02
1.33	*C 2.81	0.59	0.91	0.76	*○ C**4.04**	0.59	○ 3.09
1.26	2.42	0.59	*C 0.86	*C 0.72	2.31	0.55	2.42
2.81	*B 2.08	*A C0.59	**2.19**	0.67	* B1.70	0.55	3.09
29.80	**14.50**	0.59	1.33	0.67	* C1.54	0.55	2.19
12.30	4.40	* 0.59	1.08	0.67	* C1.98	0.59	2.81
12.80	2.81	0.55	0.91	*B 0.63	* C**2.81**	*○ C0.59	2.19
6.01	2.19	*D 0.55	*A 0.86	0.63	1.98	○ 0.55	1.79
6.46	* 1.79	0.55	*C 0.86	*D 0.59	*○ A1.70	0.55	1.54
*A C6.23	1.61	**1.33**	*D 0.81	0.59	○ 1.54	0.52	○ 1.40
21.60	*C 1.47	0.97	0.76	0.59	1.26	*(0.95)1.08	○ 1.20
*C 6.74	1.33	*C 0.72	**3.87**	*C 0.63	1.20	(0.80)0.72	○ 1.14
6.23	1.26	0.63	*D 1.20	1.40	* C1.08	(4.04)**4.04**	*○ C1.08
4.40	* 1.14	*B 0.59	0.97	* 1.47	1.02	*○ A1.88	0.97
2.68	1.08	0.59	0.91	*(1.25)1.20	0.97	○ 1.40	○ 0.91
12.30	* 1.08	**1.70**	*C 0.86	*D 1.08	*C(0.95)0.86	*○ C1.20	0.86
* 6.46	0.97	*A C1.88	* 0.91	*B 0.91	0.81	○ 1.61	1.20
*A 4.77	0.91	1.33	0.81	0.86	0.76	* C1.26	○ 0.86
2.31	*D 0.86	*C 1.02	*B 0.76	0.81	* 0.76	* A1.14	○ 0.81
*D 2.19	0.81	0.91	0.76	0.76	* C0.72	1.02	○ 0.76
2.08	*D 0.76	*A 0.81	0.72	0.76	0.72	1.26	2.42
27.20	0.76	0.76	0.72	0.72	0.67	1.70	2.08
6.01	*D 0.72	0.72	0.67	0.67	0.72	1.33	4.04
40.60	0.86	0.72	* 0.67	* 0.63	*(0.75)0.67	1.20	○(3.94)3.39
8.75	* 0.76	0.97	0.63	0.63	0.63	**2.81**	4.04
5.37	0.72	**3.39**	*D 0.81	*○ C**2.81**	* C0.63	2.19	2.68
* 3.54	0.67	* 1.88	0.72	*B(1.45)1.54	*○ 0.59	○ 1.79	2.68
6.23	0.67	* 1.61	1.08	1.26		1.47	2.08
8.75	0.72	1.26	0.86	*C 1.14		*○ C1.26	1.70
	0.63		0.76	* 1.02		○ 1.14	
8.67	1.98	0.99	1.01	0.93	1.27	1.22	1.92

（ ）内の数値は実測値，自然流量は坂本市太郎氏の調査による．

むしろブリ漁況には好都合の場合もあるように思われる．

最後に，ブリの漁況のダム放水によって受ける影響を判断するためには，漁況が多くの要因に支配されている以上，いろいろな角度から検討し，総合しなければならない．ここに論じたブリの好漁型の海況にしても，出水量の外に，外洋水の入り込みの模様，潮汐流，気象などの変動の影響を受けており，出水量の水温，塩分の水平分布に与える作用を見，漁況との関連を確かめるには，これらの要因をも十分調査する必要があろう．

VI. 要　　約

i) 九木一号，同二号，尾鷲，須賀利の各漁場において30尾以上のブリの漁獲が見られた日のうちで，尾鷲外湾海域の水温と塩分の水平分布の観測された26個日について，その分布を通覧すると，各漁場での漁獲に対応した水平分布の標準型がある（図2，3 A, B, C, D型）．

ii) ブリ30尾未満漁獲の日と無漁の日について各標準型とその他の水平分布の計5つの型の出現日数を調べ，30尾以上の場合と比較すると（表1）A, B, C, D 型が好漁を誘う型であり，A—九木一，二号，B—尾鷲，C　2ヶ所以上，D—須賀利にそれぞれ対応し，とくにC型で出現の日数も多く最も好ましい型と言える．

iii) 放水開始後の水平分布を予察するために，漁期以外についても同様に，塩素量の水平分布の分類を試み，自然出水量の多少と好漁型水平分布の日の出現率との関係を調べたが，数か月または1～2か月毎の平均をとるとその間に相関が認められなかった（表5，図5）．

iv) 前項のことは月間の自然出水量が日によって相当な変動のあるためであって，その平均値で一様に続く場合は別である．日々の自然出水量と水平分布との関係を見ると（表6），自然出水量が 140m³/sec ていど以上にも及ぶときにはそれがたとえ1日以内でもその後の好漁型水平分布の形成をさまたげ，30～60m³/sec のそれはその後出水が激減すれば，3，4日後に好漁型水平分布となり易いことが想像される．もちろんこれには，資料が十分ではないので，確信は持てない．

v) 一般に好漁型の水平分布は須賀利に有利なD型を除けば，外洋系水の湾内への流入が強く，これに対して沿岸水も弱くないことが必要である．とくに好ましいC型では，湾内に向って外海水が北西と南西に流入しているので，潮目も多く，これがブリの好漁に対応すると考えられるのである．

終りに臨み，本研究に協力，貴重な討議をして頂いた調査団の各位，本稿を草するに当って適切な助言を与えられた東海区水産研究所源生一太郎所長，ならびに労苦の多い多数の海洋観測を実施し資料を整理された観測部の方々，とくに三重県立大学坂本市太郎氏に心より感謝するものである．また東海区水産研究所茂木雅子技官には資料の整理計算や図表の作成に助力をして頂いたことを記して謝意を表したいと思う．

文献および資料

略語—論文集とは尾鷲湾ダム放水の漁業に及ぼす影響の予察調査研究論文集，1960.
—調査報告とは尾鷲湾ダム放水の漁業に及ぼす影響の予察調査報告，1958.

1) 尾鷲湾放水影響調査団： 尾鷲湾海洋観測資料，第1，2，3集，1957～8.
2) 〃 海洋班： 尾鷲湾表面塩素量分布図，第1，2，3，4集，1957～8.
3) 〃 海洋班： 尾鷲湾表面水温分布図，第1，4集，1957～8.
4) 〃 ： 漁況資料，第1，3集，1958.
5) 宇田道隆： 尾鷲湾付近海況の特徴，論文集，1960.
6) 坂本市太郎： 流入降水の沿岸海況に及ぼす影響—第II報—外海性海湾（尾鷲湾）に於ける自然流況及び低鹹水流去の経路並びに発電計画の流況に及ぼす影響の予察，論文集，1960.
7) 尾鷲湾放水影響調査団； 調査報告，8—9，1958.
8) 石井一美・宇野道夫・小長谷庸夫： 尾鷲湾ダム放水に関し模型実験による流況の研究，論文集，1960.
9) 尾鷲湾放水影響調査団： 調査報告，15，1958.
10) 栗田晋； 尾鷲湾ブリ定置漁場の塩素量とブリ漁況との関係の統計的研究およびこれに基くダム放水影響の予察，論文集，1960.
11) 尾鷲湾放水影響調査団： 調査報告，44～48，1958.
12) 宮崎千博； 尾鷲湾ブリ漁場の塩素量の鉛直分布と漁況との関係，論文集，1960.
13) 尾鷲湾放水影響調査団： 調査報告，37～39，1958.
14) 尾鷲湾放水影響調査団： 調査報告，39～44，1958.

海　　洋

OCEANOGRAPHY

尾鷲湾ダム放水の漁業に及ぼす影響の予察調査
論 文 集（別 刷） 1 9 6 0
尾鷲湾ダム放水影響調査団

尾鷲湾における平均塩分分布の予察

平 野 敏 行

1. はしがき

ある湾の海水塩分の分布やその変動の詳細は，その湾の形状や，その湾特有の潮汐流，その他外海からの海流分派等によって極めて複雑なものと考えられるが，尾鷲湾の様に湾奥に河川が流入する様な湾では，普通河川流入量と潮汐及び湾内における海水の混合状況に応じて，湾内の塩分分布が決定されるであろう．

ここでは先ず現象論的に尾鷲湾における観測結果に基づいて湾内の塩分分布の模様と対比検討して，尾鷲湾内における海水の拡散混合の機構を推察し，将来尾鷲湾奥にダム放水によって多量に淡水が流入した場合に起りうる平均的な塩分分布の予察を行った．資料としては降雨が比較的多く，従って河川流入量の多い時期の観測資料を用いた．勿論自然状態における塩分分布は，恐らく定常状態として取扱いうるものではなく又種々な要素例えば降雨或いは，湾の周辺からの降水の流入等も考えられ，簡単な理論的考察と全く条件を一つにするものとは考えられないが，しかし全般的な傾向を吟味するための理論的考察の裏付けとして可成り役立ちうるものと考える．

2. 考 察

今湾奥に原点を取り，湾口に向って水平に x 軸，下方鉛直に z 軸をとる．そして，湾奥から x 軸に直角なある線（横断観測線）までの面積を Σ とする時，x の尺度を $x=\Sigma/B$（但し，B は湾の平均の幅とする。）で表わす．然る時は，湾内の平均的な塩分 S の分布は，次の拡散方程式で表わされるであろう．

$$u_0\frac{\partial s}{\partial x}=\frac{\partial}{\partial x}\left(A_l\frac{\partial s}{\partial x}\right)+\frac{\partial}{\partial z}\left(A_z\frac{\partial s}{\partial z}\right) \qquad (1)$$

ここに，一般には上昇流はないとし，u_0 は湾奥における最初の流量 V_0 に比例する一定な流速を示し，A_l, A_z は夫々水平及び鉛直方向の混合係数である．

一般に湾内水は，多量に淡水が流入している場合には，三重県長島湾の例[2),3)]から見ても，顕著な二重層を形成し，下層は殆んど沖合水に近い水が存在しているのが普通である．故に，二重層の上層の厚さを h とし，上層における平均塩分について考えると，(1) 式は

$$V_0\frac{ds}{dx}=hB\frac{d}{dx}\left(A_l\frac{ds}{ds}\right)+cB(s'-s) \qquad (2)$$

とすることが出来るであろう．ここに，

$$A_z\frac{\partial s}{\partial z}\Big|_{z=h}=c(s'-s)$$

昭和35年5月10日受理 東海区水産研究所業績 B第335号

c は交換を意味する係数，s' は下層及び沖合水の塩分である．

一方，A. B. Arons and H. Stommel (1951)[1] は，鉛直混合を無視し，潮汐による混合距離の理論によって

$$A_l = 2K\zeta_0^2\omega x^2/H^2 \tag{3}$$

を導いて，湾内の塩分分布を論じている．ここに K は常数，ζ_0 は潮高差，$\omega=2\pi/TT$,は潮汐週期，H は湾の平均の深さである．故に (2) 式における水平混合係数が (3) 式に従うならば湾の形状が，極端に沖合に向って拡っていたり，複雑に変化していない限り，湾内の任意の横断面における平均塩分（x 軸に垂直な上層断面の平均塩分）の分布は (2) 式によって近似的に表わし得るであろう．故にここでは，この意味において

$$A_l = \beta x^2 \tag{4}$$

と置くと (2) 式は

$$V_0\frac{ds}{dx} = hB\beta\frac{d}{dx}\left(x^2\frac{ds}{dx}\right)+cB(s'-s) \tag{5}$$

となる．ここに β は常数であるとする．

尾鷲湾内の平均的な上層の塩分分布はこの式を解くことによって決定されるであろうが，この式をこのまま解析的にとくことは甚だ複雑と考えられる．上述の如く，A. B. Arons and H. Stommel は，(5) 式における右辺第2項を無視して，塩分の分布を求めているが，一方湾内水が顕著な二重層を呈する場合は，D. W. Pritchard[3] が指摘している如く，鉛直混合が塩分の拡散分布を決定づける主役を演ずる様にも思われ，著者[2] は，長島湾における塩分分布を取りあつかう際に，(5)式右辺第1項を無視して，塩分の分布を論じた．ここでは，塩分分布に寄与する右辺2項について別々に検討し，観測結果と対比して，塩分分布予想の一助とした．

(i) 縦混合を無視する場合

今 (5) 式の右辺第1項が第2項に比べ大きいとして，第2項を無視し，境界条件として，$s\big|_{x=\infty}=s'$, $s\big|_{x=0}=s_0$ と置くと，解は

$$\frac{s-s_0}{s'-s_0} = e^{-p/\lambda} \tag{6}$$

として与えられる．ここに $\lambda=\frac{x}{L}$, L は x の尺度で計った湾の長さ（湾奥から湾口までの距離），$p=V_0/hB\beta L=V_0/M_0\beta$, M_0 は湾の上層の容積．

(ii) 水平混合を無視する場合

(5) 式の右辺第2項が第1項に比べ大きいとして，第1項を無視し，(i) におけると全く同じ境界条件とすると，解は

$$\frac{s-s_0}{s'-s_0} = 1-e^{-q\lambda} \tag{7}$$

として与えられる．ここに $q=cBL/V_0$.

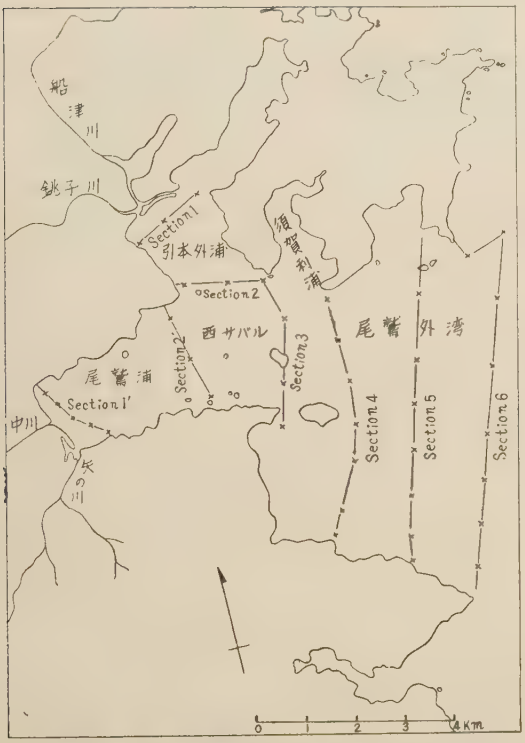


図 1　尾鷲湾　×点は観測点を示す.

(6) 及び (7) 式に，種々な V_0, β, c に応じた p, q の値を入れる事によって，種々な場合の塩分の分布の模様を作製することが出来る．尾鷲湾（図 1）における実際の観測資料（昭和32年 9 月11日，13日，19日，21日，28日，10月 1 日，3 日及び 5 日に夫々行われた計 8 回の観測資料）より求めた種々な値と対比して，これらの分布形式を図 2（片対数図表）に示した．但し，ここに用いた値は，観測が表面，2m，5m 層のみで実施されていて，上，下両層を十分代表しうる平均値を算出出来ないので，便宜的に，表面塩分が上層を，又 5m 層塩分が下層を代表するものと仮定し，s は各横断観測線毎に算術平均して求め，s' は 5m 層の塩素量の平均値，河川水の塩分 s_0 は 0 と仮定している．又，図 2 (a) は銚子川から主として流入があったと仮定した場合の塩分分布を示したもので，湾の面積としては，引本外浦及び西サバル以沖（須賀利浦を除く）の尾鷲外湾全域を対象とし，(b) は主として尾鷲浦奥に陸水流入があるとした場合で，湾の面積としては尾鷲浦西サバル以沖（須賀利浦，引本外浦を除く）の尾鷲湾全域を対象としたものである．図 2 (a), (b) において考察される幾つかの点を列記しよう．

(i)　先ず，(6) 及び (7) 式による夫々の分布形式は，比較的類似の傾向を示しているが，又その相異も極めて明らかである．そして実際の塩分分布に対しては観測第 1 線を除いては (5) 式の解がより正確な形式を与え，それは恐らく，(6) 及び (7) 式による分布形式の中間的な分布形式を示すであろう．

(ii)　次に実際の分布は (a) の場合の方が (b) に比べ (6), (7) 両式何れの分布形式に対してもより良く類似し，銚子川水系の陸水が尾鷲湾内の塩分分布に大きく寄与していることを示している．

(iii)　最後に，(a), (b) 何れの図においても，実際の塩分分布を (6), (7) 両式の分布形式と比べて見た場合，観測第 1 線における塩分が非常に小さな値を示していることが注目される．これは，著者[2] が長島湾において考慮した様に，河川流入直後においては，特に強い混合や，上昇流が存在していることを示唆しているものと考えられ，湾奥部河口附近では，上の取扱いとは異った方式が考慮されねばならない事を示している．

この点に関して，特に湾奥まで下層には沖合水に近い塩分をもった水が存在している事から観測第 1 線までの混合現象に対しては，Knudsen の式[4] を適用しうると仮定しよう．即ち，図 3 の如く，湾奥における観測第 1 線の上層の流量を V_0，塩分を s_0，下層の塩分を s'（沖合水の塩分

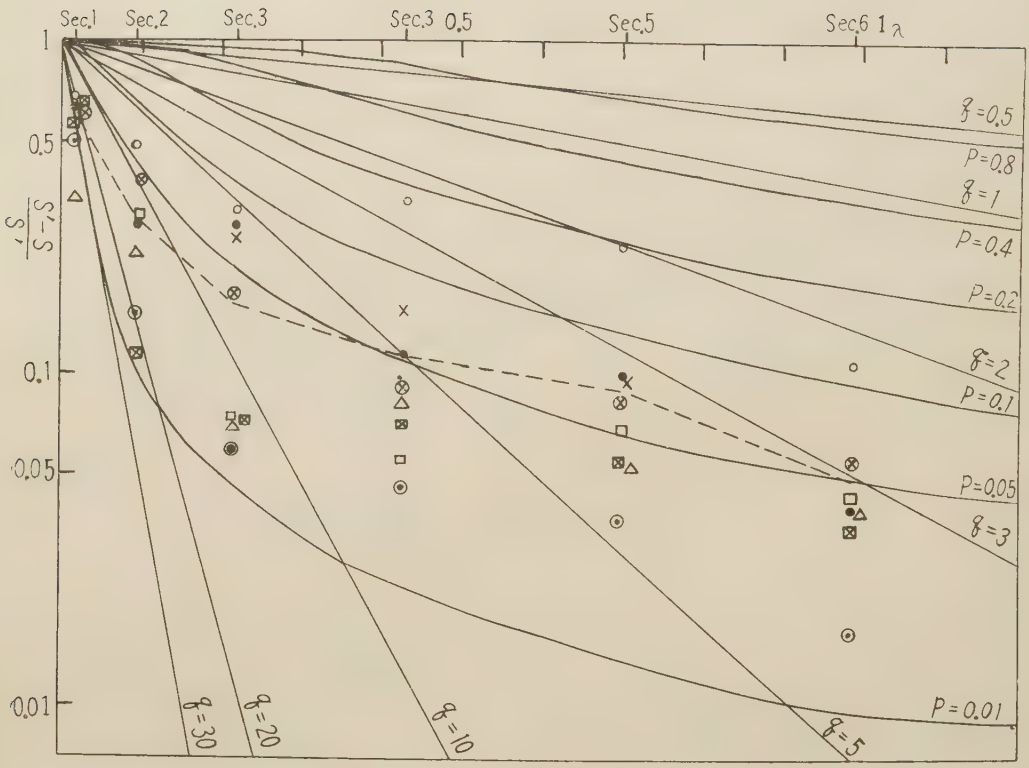


図2(a) $\frac{s'-s}{s'-s_0}$ と λ との関係（日本外浦に対する場合）.
——：種々な p 及び q の値に対するもの.
{●(9月11日), ○(9月13日), ×(9月19日), △(9月21日)}
{⊗(9月28日), □(10月1日), ⊠(10月3日), ⊙(10月5日)} ：各観測資料によるもの.
：各観測資料の平均値の分布を示す.

と殆んど同じ), 陸水の流入量を V_r とすると,

$$V_0 = V_r \frac{s'}{s'-s_0} \tag{8}$$

となる. 即ち, 近似的に, 湾内の上層を沖に向って流出する流量は, 陸水流入量の約 $\frac{s'}{s'-s_0}$ 倍となるであろう. 湾内水はこの様にして観測第1線において, 塩分 s_0, 流量 V_0 となって後 (6) 或は (7) 式に従うと考えると, 図4の様になり, 実際の塩分分布は (6), (7) 両式の分布形式と図2に比べ, 遥かによく類似している様に思われる. そして (a), (b) 両図及び (6), (7) 両式の分布形式について綜合比較すると, 観測第3線附近までは, (7) 式, 即ち, 湾奥部では, 鉛直混合が卓越し, それより, そとでは (6) 式, 即ち水平混合が卓越している様に見える. しかし, 全般的には, どちらかといえば (6) 式による分布形式が実際の分布に近いと推察されよう.

最後に, 図4において, 実際の分布に対応する p, q の値から, それに対応する A_1, A_2 を推定して見よう.

(i) 先ず実際の分布に対応する p は, 0.05～0.1 となっており, 当時の銚子川水系又口流量表から又口測水所における流量 $V_r' \approx 5 \sim 10 \mathrm{m^3/sec}$ とすると, 河口における流量は $V_r = V_r' \times$

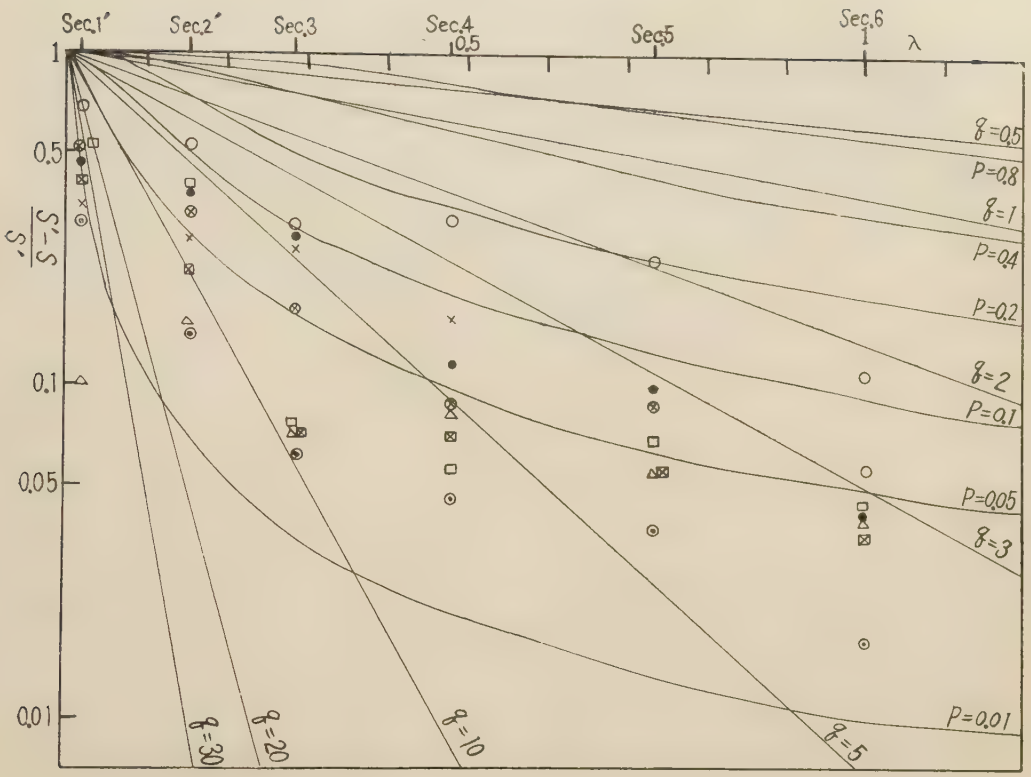


図 2 (b) $\frac{s'-s}{s'}$ と λ との関係（尾鷲湾に対する場合）.
グラフ及び符号は図 2 (a) 参照.

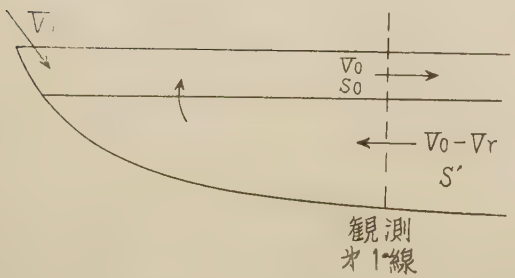


図 3　観測第 1 線における流量と塩分.

$\frac{174.8}{173}\approx 50\sim 100\mathrm{m^3/sec}$, 又 $s'/s'-s_0\approx 1$ 0.7 と推定されるから (8) 式より, $V_0\approx 71\sim 125$ $\mathrm{m^3/sec}$.

故に,

$$\beta = V_0/hBLp \approx 7.5\times 10^{-6}.$$

湾口における A_l は

$$A_l = \beta L^2 \sim 6.1\times 10^6 \quad (\mathrm{cm^2/sec})$$

と推定され, $\frac{1}{10}$ λ の地点では $A_l\sim 6.1\times 10^4 \mathrm{cm^2/sec}$ ということになる.

(ii)　同様にして q は 3～6 と推定されるから,

$$c = \frac{qV_0}{BL}\sim 10^{-5} \quad (\mathrm{m/sec}).$$

故に

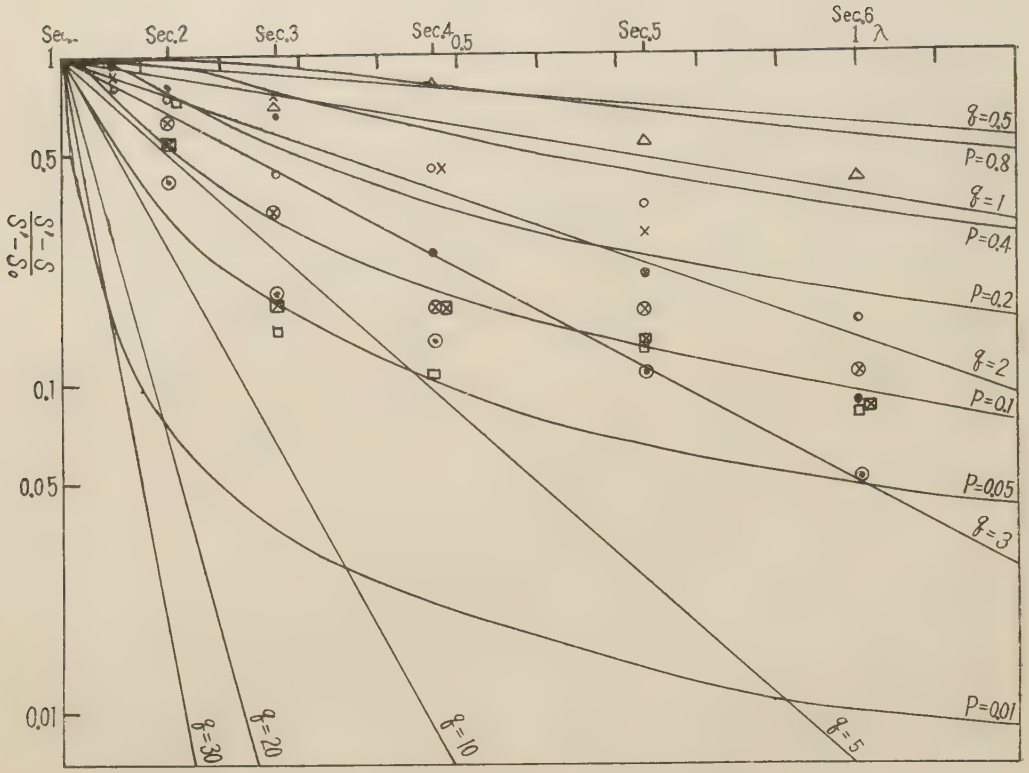


図 4 (a) $\frac{s'-s}{s'-s_0}\left(=1-\frac{s-s_0}{s'-s_0}\right)$ と λ との関係 (引本外浦に対する場合).
s_0 は観測第1線の表面塩素量, 他は図2 (a)参照.

$$c(s'-s)=\left[A_z\frac{ds}{dz}\right]_{z=h}\sim A_z\times\frac{s'-s}{5(\mathrm{m})}$$

と見積ると,

$$A_z\sim 0.5\quad(\mathrm{cm}^2/\mathrm{sec})$$

と推定される. ここに求めた A_l の値は, 染料拡散実験[2] その他既往の値に比べ, 湾口ではいくらか大きい.

最初に述べた様に, ここに用いた資料は, 厳密には, 定常状態を表わしたものかどうかに疑問があり, 又その他, 湾奥に流入する河川水の見積り, 湾奥以外の陸水の流入, 更に塩分平均値を表面及び 5m 層にとったこと等々を考え合せると今直に図4から結論を下すことはむつかしく, (6), (7) 両式の優劣については, 更に詳しい正確な資料に基づいて吟味することが必要であろう, しかし, 尾鷲湾における大雑把な塩分分布に対して図4の分布形式から, ある程度の予察をなしうるのではないかと思われる.

3. 尾鷲湾奥に放水があった場合の予察

上の考察に基づいて, 実際に尾鷲湾奥に放水があった場合の塩分分布予察について考えよう.

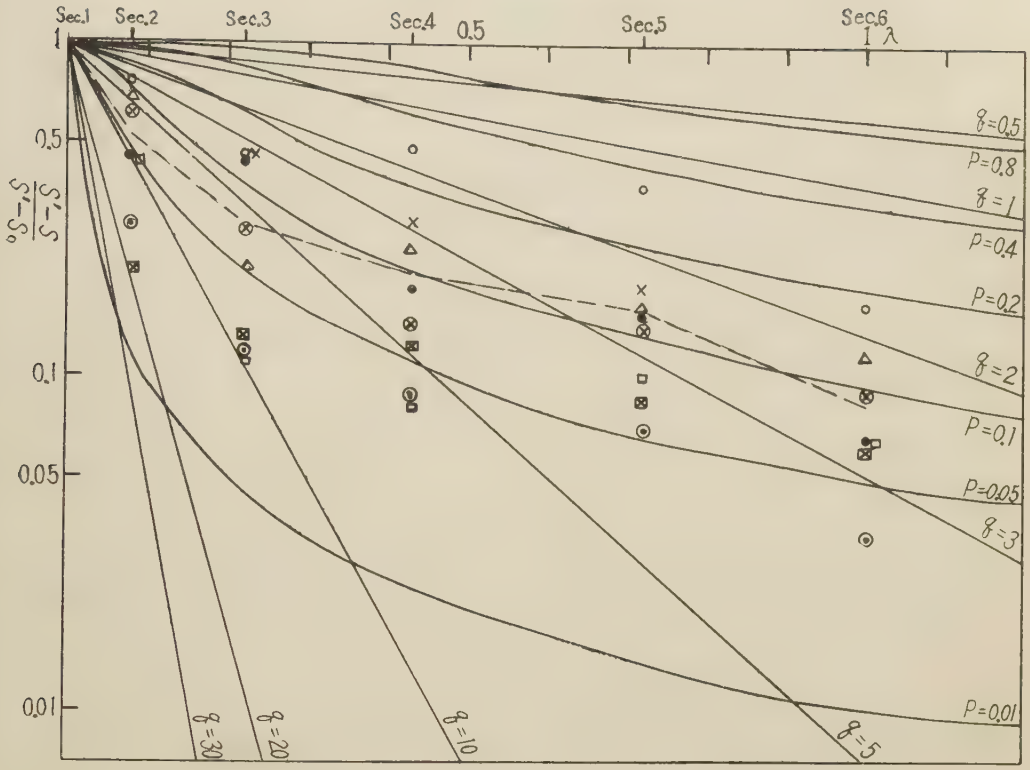


図 4 (b)　$\frac{s'-s}{s'-s_0}\left(=1-\frac{s-s_0}{s'-s_0}\right)$ と λ との関係．(尾鷲湾に対する場合)．
グラフ及び符号は図 2 (a) 参照．

先ず観測第 1 線までは (8) 式に従うと考えるのであるが，この式のみから，V_r を知って V_1, s_0 を求めることは出来ない．故に今データーから V_r と s_0 の関係を求め，それを用いて V_0 を推定することにしよう．図 5 は片対数長上に s_0/s' と観測当日の銚子川の流量 V_r との関係を求めたものである．図においてわかる様にほぼ linear な関係を示している様に思われ，(8) 式から

$$V_0=V_r\frac{1}{1-\frac{s_0}{s'}}=V_r\frac{1}{1-e^{-\mu V_r}} \qquad (9)$$

となり，V_r に応じた V_0 を推定する事が出来る．しかし，ここに使用した資料は，殆んど $V_r\sim 2-7\mathrm{m}^4/\mathrm{sec}$ と限られた値で，これを更に延長して考えることは少し危険が感じられる．河口附近におけるこの様な機構については，十分正確な資料によって詳細に検討する必要があろうと思われるが，一方長島湾における場合[2] を考慮すると，V_r の増加に応じて上昇流も亦多量になる

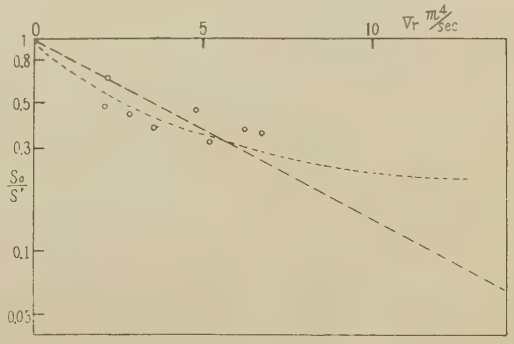


図 5　$\frac{s_0}{s'}$ と V_r との関係．

ことに考えられ，図5から見て，点線で示す如く．

$$V_r \to \infty \quad \text{で} \quad \frac{s_0}{s'} \to 0.2 \sim 0.3 \tag{10}$$

という推定も可能な様に思われる．

最後に一例として，仮りに放水量 $(V_r)=30\mathrm{m}^3/\mathrm{sec}$，沖合水塩素量 $(s')=18.00‰$ の時の湾口における平均塩素量を，今迄の考察に従って予察しよう．

先ず，(9) 式及び図5から

$$V_0 \fallingdotseq 60\mathrm{m}^3/\mathrm{sec},\ s_0 \fallingdotseq 9.00‰$$

と推定することが出来る．

今，(6) 式を用いて予察する場合には，$\lambda=1$（湾口）において

$$\left(\frac{s-s_0}{s'-s_0} \right)_{\lambda=1} = e^{-p}$$

となる．ここに $p=V_0\, hBL\beta$ で，尾鷲湾の場合，$h=5\mathrm{m}$, $B=4\times1000\mathrm{m}$, $L=9\times1000\mathrm{m}$, 又 β は，上に述べた様に，$\beta \fallingdotseq 7.5\times10^{-6}$ と推定されるから $p \fallingdotseq 0.044$ と推定される．故に湾口における平均表面塩素量は

$$(s)_{\lambda=1} \fallingdotseq 17.60‰$$

と推定されることになる．

又，(7) 式を用いる場合には

$$\left(\frac{s-s_0}{s'-s_0} \right)_{\lambda=1} = 1-e^{-q}$$

となる．ここに $q=cBL/V_0$ であり，上において，$c \fallingdotseq 10^{-5}$ と推定されたから，この場合 $q \fallingdotseq 6$ と推定される．故に，(7) 式を用いる場合には，

$$(s)_{\lambda=1} \fallingdotseq 17.98‰$$

と推定されることになる．しかしながら，上において述べた様に，観測第3線より沖合，少くとも湾口部では，(6)式の方が，よりよく実際の塩分の分布形式に近似する様に推定されるので，尾鷲湾口の平均表面塩素量（九木崎附近を含む）は，放水量 $30\mathrm{m}^3/\mathrm{sec}$，沖合水 18.00‰ の場合には，17.60‰程度になると予察され得ることになろう．

文　献

1) Arons, A. B. and H. Stommel: A mixing length theory of tidal Flushing. Trans. Ame. Geophy. Uni., 32 (3), (1951).
2) 平野敏行・杉浦健二：河川流入のある小内湾の塩分分布に就て．東海水研研報 22号 (1958)
3) Pritchard, D. W.: A study of the salt balance in a coastal plain estuary. J. M. R., 13 (1), (1954).
4) Proudman, J.: "Dynamical Oceanography", London, (1953).
5) 東海区水産研究所：宮川ダム放水が桂城湾海況及び漁況に及ぼす影響実態調査（中間報告），(1957).

漁　具　漁　法

FISHING GEAR AND METHODS

二重刺網の形状におよぼす波浪の影響
波の進行方向と平行に網地を入れた場合について

野村正恒・森　敬四郎・武富　一

日本水産学会誌
第二十六巻　第六号　別冊
昭和三十五年六月二十五日発行

Reprinted from Bulletin of
the Japanese Society of Scientific Fisheries
Vol. 26, No. 6, June 1960.

二重刺網の形状におよぼす波浪の影響

波の進行方向と平行に網地を入れた場合について

野村正恒・森 敬四郎・武富 一

(1960 年 2 月 11 日受理)

INFLUENCE OF WAVES AGAINST BEHAVIOUR OF THE DOUBLE DRIFT NET IN THE WATERS

THE CASE WHEN THE NET IS PUT PARALLEL WITH RUNNING WAVE DIRECTION

Masatsune Nomura, Keishiro Mori and Hajime Taketomi*

Meshes of the gill net will be complicated in their shapes by the waves when put in the waters. It seems that the movements of the meshes by the waves, have a great connection with fish-gilling-efficiency of the gear.

This paper gives an analysis of observation experiment to the waving states of the meshes, done in applying a model net, one-fifth size in the scale of the actual salmon double drift net, used in the North Pacific Ocean, in being waved artificially in the experiment tank (belonged to Tokai Reg. Res. Lab.).

The waving states of the float line and the lead line of the gear, are just same in wave-length, periodic time and velocity, but do not always so correspond to the peaks of waving that the distance of length between the two peaks ($\Delta\lambda$) is observed as shown in Fig. 1.

Seeing the relation indicating the values between the wave-length λ and $\frac{2\Delta\lambda}{\lambda}$ illustrated in the Tab. 2, the peak of the float line in waving is just coincided with the lead line in the lowest waving when the length λ takes a certain value, then it brings about the least favourable function to the net in gilling efficiency. It is considered that though, this value of λ was 4 meters in the case of this experiment net as shown in Fig. 2, the value of λ would be varied according to width of the net, mesh length and shrinking rate of the net.

The relation between $\left(\frac{2\Delta\lambda}{\lambda}\right)\times\left(\frac{H}{\lambda}\right)$ and the value of an average amount of the lengthening and shortning lengthwise of the mesh (Table 3) in calculating on the basis of the Fig. 5, has the interrelation with a linear line as seen in Fig. 8.

The results of the experiment come to the conclusion that the value of $\left(\frac{2\Delta\lambda}{\lambda}\right)\times\left(\frac{H}{\lambda}\right)$ should be smaller in order to keep the favourable condition for gilling, and lengthening and shortening of the meshes less, particularly the value of $\left(\frac{2\Delta\lambda}{\lambda}\right)$ should be less than 0.5, and the heavier weight of sinkers, the better, also the length of hanging thread is better to be longer as possible as it could be.

1. 緒 言

さきに二枚網の一枚網に対する漁獲性能の比較の基礎実験を行つて二重刺網の構成する諸要素すなわち小目網の大目網に対する「たるみ」, 小目網の縮結, 小目網の目合等が漁獲にどのような影響をおよぼすかにつ

* 東海区水産研究所 (Tokai Reg. Fish. Res. Lab. Chuō-ku, Tokyo, Japan).

東海区水産研究所業績 B 第 328 号

いて基本的な実験を行つた[1]。

漁獲機構に関連して，網漁具が海中にある時の状況を把握することは，操業上での性能の変化を論ずる場合に必要である。現場において実際の流網の漁具の状況を種々の測定計器を用いて測定し巻絡その他の現象について解析した葉室の研究[2]があるが，これは現場での実際の資料が得られたという点で非常に貴重な研究であつたが，一面実験条件をコントロールすることができないうらみがある。この実験ではその条件を種々に変え，かつ大目を使用することにより網目観測も可能となる二重刺網を主な実験対象として選んで網成りその他の研究を行つたものである。

2. 実験網並びに実験の方法

実験の対象となつた流網の種類は現今の鮭鱒一枚網，新らしく設計した二枚網，三枚網および特殊二枚網として大目1日に対し縦横小目 6×6 目および 8×8 目の五種である。ここで一枚網は縮結 0.43，二，三枚網は小目網の縮結 0.55，「たるみ」1.3，大目網縮結 0.3 とする。

実験網は実物網に対するスケールの縮尺比を $\lambda'/\lambda'' = 1/4.8$，網糸の太さおよび目合の大きさの縮尺比を $D'/D'' = L'/L'' = 1/4.8$，網類の太さの縮尺比を $D_1'/D_1'' = 0.26$ とした。したがつて一枚網および二枚網の小目網の目合は 2.5cm，大目網の目合は 10cm である。波動の中での実験では水中にある物体には加速度が生ずるので田内比較則の厳密な適用はできない。この実験によつて得られた結果はこの実試実験網での知見であつて，実際網の網成り推定に対して何らかの手がかりを得ることが目的である。

実験網は東海区水産研究所所属の試験水槽を使用し，実験に際しては水槽の横の透視窓から実験網の写真撮影および 8mm 動画の撮影を行い，各種の波を起こして波浪中での網成りや運動の状況を測定した。この水槽は長さ 50m，幅 5m，水深 2m で，この中で造波装置により，波高，波長を変化させて波を起し，一反の長さ約 5.2m，網幅 1.2m の実験網を3反連続してつなぎ両端2反の網端は上下棚に平行に適当な張りを保ち，真中の網について観察を行つたものである。

波については実際漁場での波の性質およびこの実験での波の性質を Table 1 に示す。

Table 1. Condition of wave

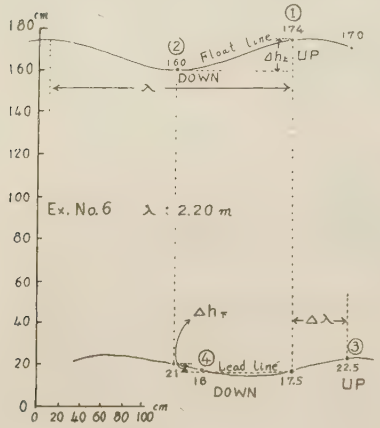
	Wave condition in fishing ground		Wave condition in experiment	
	Range	Standard (average)	Range	Standard (average)
Height (H m)	0.5～2.0	1.0	0.1～0.4	0.2
Length (λ m)	10～30	20	2～6	4.2
Period (T sec.)	2.5～12	7	1～5	2.8
Velocity (V m/sec.)	2.5～5	3	1.5～2.5	1.5

3. 波浪中での網漁具の運動とくに上棚・下棚の波動運動

主として二枚網についての実験結果について報告する。一般に波はトロコイド波であるため同一点の水分子は円運動を行う。この波の上下による上棚の波動は波長，周期が完全に同調し，この動きが主として斜め方向に伝わり，さらに浮子綱を通して下棚に伝わる。したがつて下棚波動の周期，波長，速度は上棚のそれと殆んど変らないが，波高はかなり減少する。ただし周期のズレは様々で，この周期のズレによつて上棚の波動の山と下棚のそれの山または谷が一致したり，ずれたりする。このように上棚と下棚の波動の状況は必ずしも一致しないので，例えば上棚の波動の山と，下棚の波動の谷とが一致したようなばあいにはその部分の網目は上下方向に伸びがおこり，これが交互に繰返えされると網地に不要なたるみを生ずる原因ともなり魚の獲りの条件にも不利となり，かつ絡巻現象に関連の深いことが想像される。これらのことを詳細に調べるため，網地各部の上下左右のうごきを波動の山，谷およびその中間において測定し得るよう目盛尺を鉛直，

水平に水槽内に設置して各瞬間における網のうごきや変形を網の上部および下部について同時に写真撮影および 8 mm 動画撮影を行つたものについて考察した。

1) 上棚の波動の山，谷と下棚の波動の山，谷のズレの度合と波の条件との関係



得られた写真から，各瞬間での上棚および下棚に固定した定点の高さを測定，これより得た上棚，下棚の波動の図示の一例を Fig. 1 に示す。各実験毎でのこれらの図から上棚の山と下棚の山におけるズレの水平的な長さ $\Delta\lambda$ を読みとり，また上棚の山と谷との高さの差 $\Delta h_{上}$ とこれらの瞬間における下棚のこれに相当する位置の上下の差 $\Delta h_{下}$ (これには正負の符号をつ

Fig. 1. The waving states of the float line and the lead line calculated from photographs on the basis of an experiment (example).
Marks ① and ② are at the moment of the highest and the lowest positions of the float line respectively, ③ and ④ the highest and the lowest positions of the lead line.

Table 2. Values of the experiment

Experiment No.	Condition of wave: Height H (cm)	Length λ (m)	Period T (sec.)	Velocity V (m/sec.)	Lead W (momme) (1 momme $= 3.75$gr.)	Length of string l (cm)	*Horizontal difference of length $\Delta\lambda$ (m)	Vertical difference of height Δh: In float line $\Delta h_{上}$	In lead line $\Delta h_{下}$	$\frac{2\Delta\lambda}{\lambda}$	$\frac{H}{\lambda}$	$\left(\frac{2\Delta\lambda}{\lambda}\right)\times\left(\frac{H}{\lambda}\right)$	$\Delta h_{上}-\Delta h_{下}$
22	10.5	1.9	1.1	1.7	5.5×26	28	0.6	9.5	−4	.63	5.5×10^{-2}	3.46	13.5
26	12.5	2.0	1.2	1.6_7	3 〃	〃		14			6.3 〃		
6	11	2.2	1.1	2.0	〃 〃	22	0.6	14	−3	.55	4.3 〃	2.36	17
25	11	2.3	1.2	1.9	〃 〃	28		12			4.3 〃		
27	11	3.4	1.5	2.2	〃 〃	〃		15			3.2 〃		
11	20	3.6	1.5	2.4	〃 〃	22	1.8	20	−9	1.00	5.5 〃	5.50	29
30	18	3.8	1.6	2.4	〃 〃	28	1.8	16	−6	.95	4.7 〃	4.46	22
3	20	4.0	1.6	2.5	〃 〃	22	1.8	19	−8	.90	5.0 〃	4.50	27
19	20	4.0	1.6	2.5	5.5 〃	28	2.0	17	−10.5	1.00	5.0 〃	5.00	27.5
5	6.5	4.0	1.8	2.2	3 〃	22	2.0	6	−4	1.00	1.4 〃	1.40	10
21	7	3.5	1.6	2.2	5.5 〃	28	1.2	7	−4	.69	2.0 〃	1.38	11
4	10	4.0	1.4	2.9	3 〃	22	2.0	12	−7.5	1.00	2.5 〃	2.50	19.5
2	12	4.3	1.8	2.4	〃 〃	〃	0.2	12	−1.5	.18	2.8 〃	0.51	10.5
12	12	4.5	1.8	2.5	0	〃		12	0	—	2.7 〃		12
10	14.5	4.5	1.8	2.5	3 〃	〃	1.8	15	−2	.80	3.2 〃	2.56	17
16	15	4.8_6	1.8	2.7	0	12.5		16	0	—	3.1 〃		16
20	3.5	5.7	2.1	2.7	5.5 〃	28	0.6	3	0.5	.21	.6 〃	0.13	3.5
24	3	5.7	2.2	2.6	3 〃	〃	2.8	4	−2	.98	.5 〃	0.49	6
29	9	6.5	2.3	2.9	〃 〃	〃	0.4	12	4	.12	1.4 〃	0.17	8
1	8.5	6.9	2.3	3.0	〃 〃	22	1.0	8	2	.29	1.2 〃	0.35	6
9	9.5	6.9	2.2	3.1	〃 〃	〃	0.4	10	7.5	.12	1.4 〃	0.17	2.5
18	11	6.4	2.2	2.9	5.5 〃	28	0.8	12	1	.25	1.7 〃	0.43	11
8	6	7.0	2.8	2.5	3 〃	22	0	5.5	4	0	.9 〃	0	1.5
13	6	8.1	2.6	3.1	0	〃	0.8	9	1	.20	.7 〃	0.14	8
14	7.5	8.1	2.6	3.1	0	12.5	1.0	9	1	.25	.9 〃	0.22	8
17	6	8.7	2.8	3.1	5.5 〃	28	0	7	3	0	.7 〃	0	4
7	3	8.7	3.1	2.8	3 〃	22	0	3	2	0	.3 〃	0	1

* The difference of length between the positions of float line and lead line both at the moment of highest in waving.

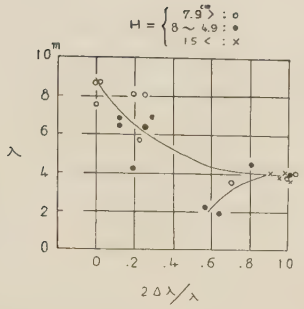


Fig. 2. The relation between λ and $\frac{2\Delta\lambda}{\lambda}$.

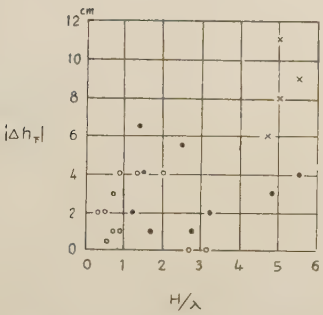


Fig. 3. The relation between H/λ and $|\Delta h_{下}|$. The symbols are same as Fig. 2.

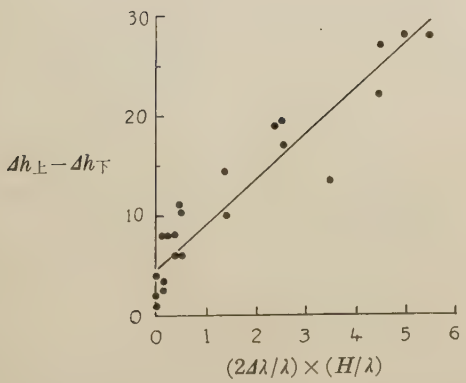


Fig. 4. The relation between $\left(\frac{2\Delta\lambda}{\lambda}\right)\times\left(\frac{H}{\lambda}\right)$ and $(\Delta h_{上}-\Delta h_{下})$.

け上棚と同方向の場合を正，逆方向の場合を負とする）等を読みとつて各実験における諸値を Table 1 に示した。

Table 2 より波長 λ と $2\Delta\lambda/\lambda$ との関係を Fig. 2 に示す。これによると $2\Delta\lambda/\lambda=1.00$ すなわち上棚の山を下棚の谷とが完全に一致する場合は例外なく λ は 4.0m 附近である。λ が 4.0m より大きくなると漸次 $2\Delta\lambda/\lambda$ の値はより小さくなり $2\Delta\lambda/\lambda=0$ すなわち上棚の山と下棚の山とが合致する場合に λ の価は 8m 前後となり 4m のほぼ2倍となる。また λ が 4m より小さい場合も $2\Delta\lambda/\lambda$ は1より漸次小さくなるようである。このように流網が波の進行方向と平行におかれたときは山，谷の関係は波の波長と関連があり，この実験網では山と谷との一致は波長4mのときであるが，その根拠については恐らく網地の幅，目合，縮結および沈子の量に主として関連して決まるものと思われる。したがつてこれら網地の構成要素のうちとくに網幅を変えた場合に山と谷とが一致する波長がどのように変化するかを究明することが必要である。

つぎに下棚の上下量 $\Delta h_{下}$ の絶対値と H/λ との関係を Fig. 3 に示す。H/λ の値が大きくなるにつれて大略 $|\Delta h|_{下棚}$ の値は大きくなる傾向がある。$2\Delta\lambda/\lambda$ の値が 0.5 以上のときは $\Delta h_{下棚}$ の値が負となるのでこのとき波高 H も大きいと $\Delta h_{上棚}$ は大きくて符号は正，$\Delta h_{下棚}$ は大きくて符号が負となり，波の上下による網の縦長の伸縮を示す指標（$\Delta h_{上棚}-\Delta h_{下棚}$）の値は大きくなる。とくにこの実験網の場合，山と谷とが一致する波長4mでは，かなりの波高がこれに伴い，網が緊張されるような条件下に至ると棒巻の可能性もあり得ると考えられる。

Table 2 から $\left(\frac{2\Delta\lambda}{\lambda}\right)\times\left(\frac{H}{\lambda}\right)$ の値を計算し，これと（$\Delta h_{上棚}-\Delta h_{下棚}$）の関係を示すと，Fig. 4 のようになりその関係はかなりはつきりする。

2) 波浪中での網の各部のうごき，網目の伸縮量の変化状況とおよびこれと沈子量および吊糸の長さとの関係

二枚網の仕立にあつて（沈子3匁鉛×26 個，吊糸 22 cm），（沈子なし，吊糸 22cm），（沈子なし，吊糸 12.5cm），（沈子 5.5 匁鉛×26 個，吊糸 28cm）の四通りの場合について，静止の時，各波浪中の時での大目網の網目，上棚，下棚の位置を写真より図面上にトレースして確認し，上棚の点，大目網で上より1目目の下部結節点（これを第1目の位置点とする。以下同様），3, 5, 6, 7, 14, 15, 16, 17 目目の各下部結節点の位置および下棚の点計

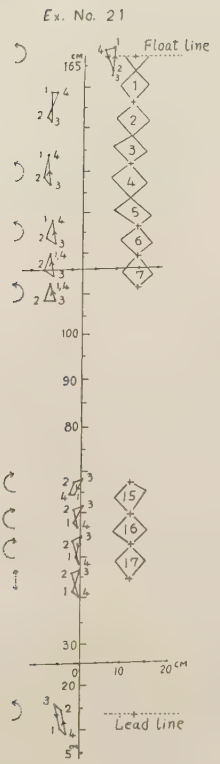


Fig. 5. The movement of eleven points of the net in one period of wave (example).
The positions of these meshes in a static water are shown "+". The movement's marks 1, 2, 3 and 4 denote the moments as shown in Fig. 1. The direction of the motion is from 4 to 1,3 and 2 succeedingly. The dotted arrow curves show the course of motion.

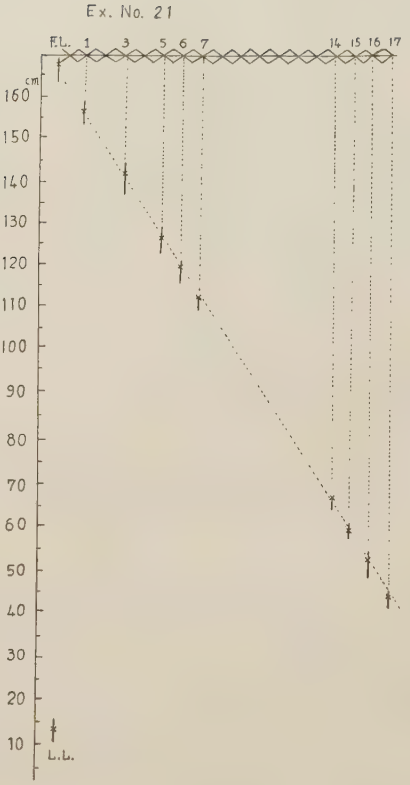


Fig. 6. Vertical amplitude of motion on eleven points of net calculated by Fig. 5.

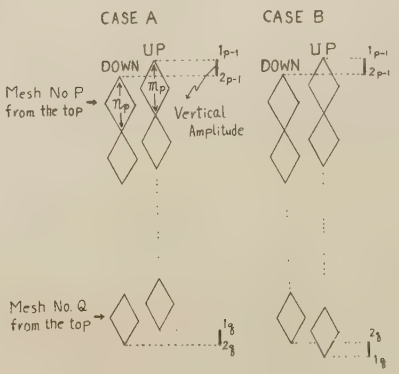


Fig. 7.

11 点のうごきを Fig. 1 に示す ①, ②, ③, ④の観測点毎に追つて図上にトレースを行ない，それらの一例を Fig. 5 に示した。この図から静止時の網目の位置，各点の運動および運動方向の順番が明瞭に判る。この運動は非回転的な循環軌道を描くようである。なお，ここで基準の実験網の構成は沈子3又×26個，吊糸22cm である。またこの Fig. 5 より上棚の点の山および谷のときの網地の各点の上下振巾量を測つてこれを縦軸とし横軸には網の上部からの目数の点をとり，両者の関係の一例を Fig. 6 に，これら各点の上下振巾量から波の山の場合を谷の場合と比較して各部の網目がどれだけ伸びたり縮んだりしているか，すなわち伸縮量(伸縮量が正のときは上棚の点が山のときの網目の縦長が谷のときの縦長より伸びていることを表わし，負のと

Table 3. Amount of lengthening and shortening of mesh lengthwise

	Ex. No. 6		No. 8		No. 9		No. 10	
	Vertical amplitude of motion	Average amount of lengthening and shortening of mesh	Vertical amplitude of motion	Average amount of lengthening and shortening of mesh	Vertical amplitude of motion	Average amount of lengthening and shortening of mesh	Vertical amplitude of motion	Average amount of lengthening and shortening of mesh
	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm
Float line	16		6		10		15	
Mesh No. 1	12	2.7	6	0	12	1.3	13	1.3
〃 3	8	2	7	0.5	11	0.5	15	1
〃 5	4	2	6	0.5	9	1	13	1
〃 6	2.5	1.5	6	0	9	0	12.5	0.5
〃 7	2.5	0	5	1	11	2	12.5	0
〃 14					6.5	0.6	2	1.5
〃 15					7	0.5	1.5	0.5
〃 16			3	0.2	7	0	−2.5	4
〃 17	−4	0.7	6	−3	6	−1	−2.8	0.3
Lead line	−3		4		7.5		−2.2	
Average amount of lengthening and shortening of mesh from top to bottom	{16−(−4)}/17=1.18		(6−6)/17=0		(10−6)/17=0.24		{15−(−2.8)}/17 =1.05	

	No. 11		No. 12		No. 19		No. 21	
Float line	18		12.5		17		7.8	
Mesh No. 1	17.5	0.3	12	0.3	17	0	6.8	0.7
〃 3	18	0.25	8	2	18	0.5	7.5	0.4
〃 5	17	0.5	7.5	0.2	16	1	6	0.7
〃 6	14	3	7	0.5	14	2	6	0
〃 7	10	4	7	0	12	2	4	2
〃 14	−6	2.3			−4.3	2.3	−3.5	1
〃 15	−6	0			−7	2.7	−5	1.5
〃 16	−8	2	−2.5	1.1	−7.8	0.8	−7.5	2.5
〃 17	−11	3	−4	1.5	−10	2.2	−6	1.5
Lead line	−10		1		−11		−7	
Average amount of lengthening and shortening of mesh from top to bottom	{18−(−11)}/17=1.7		{12.5−(−4)}/17 =0.97		{17−(−10)}/17 =1.59		{7.8−(−7)}/17 =0.87	

きはその逆とする）を計算して Table 3 に示した。ここで網目の縦長の伸縮量は Fig. 7 により次式にしたがつた。図の A の場合，p 目から q 目までの総伸縮量は

$$(m_p - n_p) + (m_{p+1} - n_{p+1}) + \cdots + (m_q - n_q)$$
$$= (1_{p-1}2_{p-1} - 1_p 2_p) + \cdots + (1_{q-1}2_{q-1} - 1_q 2_q)$$
$$= (1_{p-1}2_{p-1} - 1_q 2_q)$$

したがつてこの間の平均の伸縮量は

$$|(1_{p-1}2_{p-1} - 1_q 2_q)/(q - p + 1)|.$$

B の場合

$$|\{1_{p-1}2_{p-1}-(-1_q2_q)\}/(q-p+1)|$$

となる。

$(2\Delta\lambda/\lambda)\times(H/\lambda)$ の値と上棚より 17 目までの縦長の伸縮量の1目平均（1目平均伸縮量と呼ぶ）との関係を Fig. 8 に示す。これは Fig. 4 と同じくほぼ直線関係を示すことが判る。

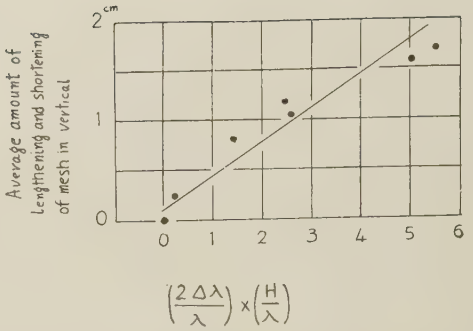


Fig. 8. The relation between $\left(\frac{2\Delta\lambda}{\lambda}\right)\times\left(\frac{H}{\lambda}\right)$ and average amount of lengthening and shortening lengthwise of mesh.

実験を通じて罹網の良・不良の条件を導き出すため Fig. 5, 6, Table 3 ならびに 8mm 動画撮影の結果等を参考にして Table 3 の 9 例について網目の各部のうごき，循環の方向，網糸の張り，吊糸のうごき等について詳しく検討を行なつた。その結果，上棚の山と下棚の谷とが一致するような条件では，網巾の上部の箇所は波による上下運動が大きく，下部は水平運動が大きく，上部から下部にわたつて波による各点の軌道の循環方向が 1～2 回逆転を生ずること，したがつて運動の途中で網糸の張緩が大きいこと，また運動による網地のたるみあげられ方は沈子量の少ないほど大きく沈子なしの場合は著しいこと等が判つた。

以上を通じて，流網が波の進行方向と平行におかれたとき罹網に好ましく棒巻現象の生じにくい条件を纏めると，

1) $(2\Delta\lambda/\lambda)\times(H/\lambda)$ の値が小さいこと。これは波の上下による網目1目当りの縦長の伸縮量の小さいという結果を与える。またこの値の中で $2\Delta\lambda/\lambda$ の値は1に近くなると上棚の山と下棚の谷とが一致して悪い条件を構成するのでこの値は 0.5 以下であることが望ましい。

2) 網地のたるみあげを無くするためには沈子量はなるべく大きいことが望ましい。

3) 実験が1組で不確ではあるが，H, λ が等しく吊糸のみが 22cm と 28cm と異なる No. 11 と No. 30 の実験例を比較して，($\Delta h_{上}-\Delta h_{下}$) の量は吊糸の長さの長い方が少なく，これも好ましい条件の一つのように思われる。

終りに，本稿の御校閲を賜つた東京水産大学名誉教授田内森三郎博士，御教示を頂いた東海区水産研究所高山重嶺漁具法部長，ならびに実験を実施するに当り絶大な御協力を頂いた日魯漁業株式会社北洋部に感謝する。

文　　献

1) M. NOMURA: Experimental fishing test on the efficiency of double gill net. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., **26** (2), (1960).

2) 葉室親正：鮭鱒流刺網用計器（自記式網深さ計，自記式網地長さ計）とそれ等の実験結果について，漁船研究技報 **8**, (1956).

水産化学及び利用

MARINE PRODUCT UTILIZATION AND CHEMISTRY

乾燥による魚肉蛋白質の変性について—II.
抽出蛋白の粘度および流動複屈折の変化

右田正男・松本重一郎・鈴木たね子

(1960 年 6 月 30 日受理)

ON THE DENATURATION OF FISH MUSCLE PROTEINS BY DEHYDRATION—II.
CHANGES IN VISCOSITY AND IN STREAMING BIREFRINGENCE OF EXTRACTABLE PROTEINS

Masao Migita, Juichiro Matsumoto and Taneko Suzuki*

In the previous paper[1], it was shown that on dehydration of muscle of flatfish or squid, "Myosins"** were readily denatured —the extractability decreased—, while alubumins remained unchanged.

The question, however, was left open whether the proteins extractable after dehydration are the same as before. In order to answer it, the changes in viscosity and streaming birefringence (SB) of extractable proteins during dehydration process were followed, using thin slices of flatfish muscle as material.

Since it was found[2] that in fish "Myosins", different from rabbit "Myosins", viscosity number, $\ln \eta_r/c$ (η_r: relative viscosity, c: protein concentration), is not independent to c, viscosity was determined at two protein concentrations, one above and one below 0.7 mg/ml, and the result was expressed in viscosity number at concentration 0.7 mg/ml.

Each determination was carried out, using the tilting viscometer[2], at velocity gradients 200 and 500 sec^{-1}.

Streaming birefringence was compared by minimum protein concentration which gives a distinct cross of isocline under crossed Nicols.

Results. (i) Viscosity number of salt extractable proteins (L) decreased in parallel to rate of dehydration (Fig. 1, a, b). However, one cannot safely deduce from this the change in viscosity of "Myosins" in the course of dehydration, because "Myosins" content of this fraction vividly decreased on dehydration as shown in Table 2, and because in fish "Myosins" viscosity number lowers with decreasing concentration[2].

(ii) Viscosity number of Fraction S_2 prepared according to the scheme shown in Table 1, was also found to decrease with dehydration (Fig. 2, a and b). "Myosin" content of this fraction kept nearly constant up to 8 day dehydration (Tables 4 and 5). Therefore, one can safely conclude the decrease in viscosity of "Myosins" with dehydration of meat.

(iii) Streaming birefringences of "Myosins" decreased in the course of dehydration of meat (Tables 3 and 6).

It may be concluded that dehydration causes not only decrease of extractability of "Myosins", but also changes in shape of the particles, such as decrease in asymmetry.

さきにわれわれは，魚介肉の乾燥過程における蛋白の変化を肉中の可溶性蛋白の定量およびその分画定量を行うことによつて追跡し，肉の諸蛋白中脱水により最も影響をうけるのはミオシン区蛋白(ここではウサギ

* 東海区水産研究所 (Tokai Reg. Fish. Res. Lab.).

** In this paper, the term "Myosins" means muscle proteins soluble in salt solution and precipitated on dilution.

東海区水産研究所業績 B 第 272 号

の場合に準じて，塩溶液にとけ，稀釈によつて沈澱する筋肉蛋白の分画を総称する）であつて，塩溶液によつて抽出される量が著しく減ずることを明らかにした[1]。しかし乾燥によつてミオシン区蛋白の受ける変化は，ただこのように塩溶液による溶出度が減るというだけであつて，ミオシン区蛋白のうち乾燥後も溶出性を失わなかつた部分は，乾燥により何の変化もうけなかつたかどうかは明らかでない。ミオシン区蛋白のように，長いセンイ状の分子からなつているものは，高い粘度と流動複屈折 (SB) を示し，分子の形や大さ，分散状態が変化すると，粘度や SB の強さにはつきりとちがいがあらわれてくる。前報においても乾燥肉蛋白の塩抽出液は SB を示さぬことをみているが，試料として塩抽出液をそのまま用いているので，SB の認められなかつたのは，ミオシン区蛋白の分子状態の変化によるものか，または，塩抽出液中のミオシン区蛋白の減少によるものか，明らかでない。そこで今回は半定量的ではあるが，鮮肉および乾燥肉から抽出したミオシン区蛋白の SB の強さを比較するとともに，粘度を測定して，乾燥肉から抽出されたミオシン区蛋白の分子状態に変化がおきているか否かをしらべた。

試料および実験方法

1) 試　料　東京中央魚市場で入手した生きているヒラメの頭をおとした後，直ちに切りとつた肉。

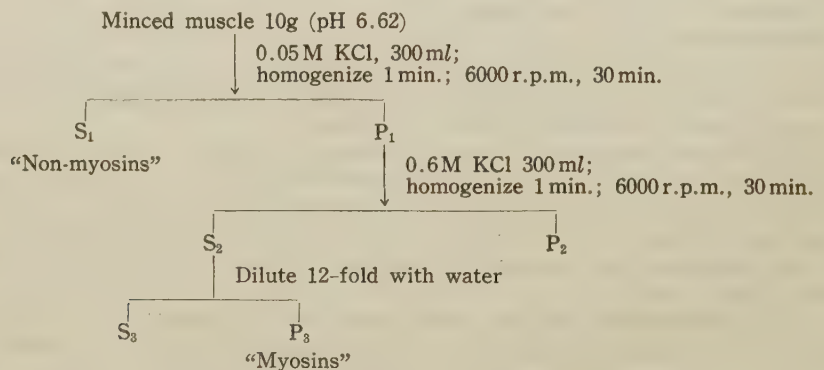
2) 脱水法　前報に準じ，ヒラメのうすい切身を P_2O_5 をいれた乾燥器中の網棚におさめ，冷所 (5～10°C) に放置する。

3) 抽出法

a) 塩抽出液 (L)　前報に準じ，肉を 30 倍量の冷 0.6M KCl と 1 分間ブレンダーにかけ，遠心分離した上澄を塩抽出液 (L) とし，これを 12 倍にうすめて沈澱したものをL中にふくまれるミオシン区蛋白 (M) とした。ただし粘度および SB 測定用のミオシン区蛋白試料は，次の方法によつて作つた。

b) ミオシン区蛋白試料 (S_2)　Table 1 のように，肉を 0.05M KCl で抽出した残部 R_1 を 0.6M KCl で抽出してミオシン区蛋白溶液 (S_2) とした。

S_2 は大部分ミオシン区蛋白からなるものであるが，これを 12 倍にうすめてえた上澄 S_3 中にも明らかに蛋白がふくまれている。この理由は多分本来水溶性の非ミオシン蛋白も，0.05M KCl では，筋肉中から完全に抽出できないためであろう。したがつてこのうすい塩水による抽出の場合，ミオシン区蛋白 (M) の量は S_2-S_3，非ミオシン区蛋白 (N) の量は S_1+S_3 である。



Amount of Myosins: S_2-S_3;　Amount of Non-myosins: S_1+S_3
"Myosins" in S_2: Refer to Tables 4 and 5.

Table 1. Fractionation of extractable muscle proteins.

4) 粘度の測定　ミオシンのようなセンイ状の分子の粘度は，試料溶液の濃度 (c) ばかりでなく，速度勾配 ($\bar{\beta}$) によつても異るから，測定条件に左右されない値を得るためには，c および $\bar{\beta}$ を 0 に外挿したときの値をとらねばならない。ウサギ-ミオシンの場合は $(\ln \eta_r)/c$ (η_r: 相対粘度，c: 濃度) が c に関しない事実を利用し，粘度数 $Z_\eta = (\ln \eta_r)/c$ (c: 溶液 1ml 中の蛋白の mg) を用いて，簡単に濃度の影響を

たつことができる。しかし魚のミオシン区蛋白では，$(\ln \eta_r)/c$ の値は一般に一定[2]ではないので，粘度数をとることは意味がない。c および $\bar{\beta}$ を 0 に外挿する方法は，測定に時間を要し，多数の実験を行うときは，その間試料溶液の変性のおそれもあるので，今回は便宜上つぎのようにして同濃度同勾配速度の下における粘度を比較した。傾斜式粘度計を用い[2] 0.5 mg/ml から 1.0 mg/ml の間に濃度 2 点をとり，それぞれ $\bar{\beta}=200\,\mathrm{sec}^{-1}$ および $500\,\mathrm{sec}^{-1}$ で相対粘度 η_r を測定し，このせまい濃度範囲では $\ln \eta_r$ は c に大体比例するとして，$c=0.7\,\mathrm{mg/ml}$ に対する粘度数 $(\ln \eta_r)/c$ を出した。

5) 流動複屈折 (SB) の測定　従来われわれの研究室で用いてきた方法[3]により，試料溶液を SB 検出器にかけ，はつきりと黒十字のみえる最低のミオシン濃度によつて，SB の強さを示す。したがつてこの濃度の小さいものほど，SB の強さは大きい。

実 験 結 果

1・1 塩溶性区分の粘度変化

7月15日に入手したいきたヒラメからとつた肉 (pH 6.48) を用い，肉が乾燥していくにしたがつて，その塩溶性区分Lの粘度がどうかわるかをみると，Fig. 1a のようになる。各測定時における肉の脱水率は Fig. 1b に，抽出された各区分の量は Fig. 1c に示してある。

図に明らかなように L 区分の粘度は，乾燥の初期，急激に下る。L区分中にはミオシン区蛋白 (M) と非ミオシン区蛋白 (N) とがふくまれているが，ミオシン区蛋白の粘度は，非ミオシン区蛋白の粘度に比べて極めて大きい。したがつてもしL区分中の M 区分と N 区分との割合が一定なら，

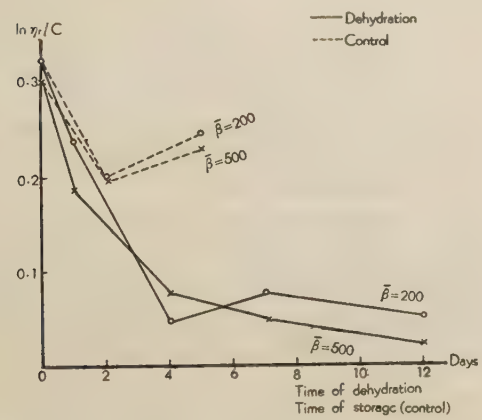


Fig. 1a. Change in viscosity of salt extractable proteins of flatfish fillets in the course of dehydration.

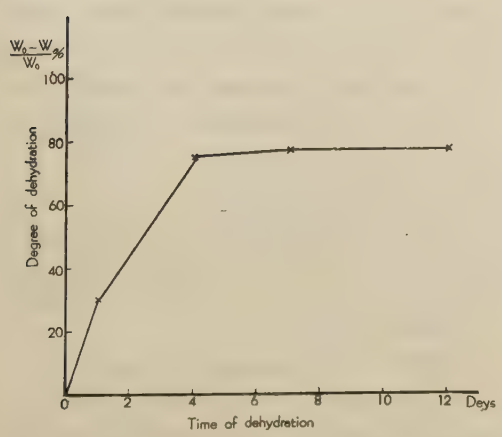


Fig. 1b. Degree of dehydration of flatfish fillets.
W_0: Initial weight of fillets.
W: Weight after dehydration.

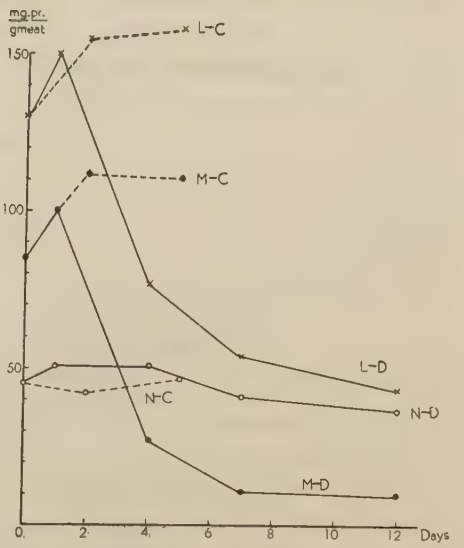


Fig. 1c. Change in extractability of proteins of flatfish fillets on dehydration.
D: Dehydrated　M: Myosins
C: Control　N: Non-Myosins
L: Salt Extracts

L 区分の粘度変化，すなわち Fig. 1a の曲線から，肉の乾燥に伴うミオシン区蛋白の粘度変化を推定することができる。しかし，実さいには，Fig. 1c に示すように，N 区分の量は殆んど一定であるが，M 区分の量は乾燥がすすむにつれて著しくへつている。したがつてこの点吟味を要する。図の粘度数は，前述のように，L 区分中の蛋白濃度 0.7 mg/ml のときの値をとつてある。そこで，L区分の蛋白 0.7 mg 中のミオシン区蛋白の量を Fig. 1c から出すと Table 2 のようになる。

Table 2. Amount of "Myosins" in salt extractable fraction L.

Time of dehydration (day)	0	1	4	7	12
"Myosins" (mg)	0.41	0.47	0.29	0.16	0.13

しかるに，魚の肉では $(\ln \eta_r)/c$ は c とともに小さくなる[2]。したがつてL区分の粘度数の変化からミオシン区蛋白の粘度数の変化を推定することは妥当ではない。

乾燥 1 日の試料は，対照と同程度のミオシン区蛋白をふくみ，粘度が下つているが，対照群の粘度にも同程度の低下がみられるので，乾燥の影響か否かわからない。

なお速度勾配 200 sec^{-1} と 500 sec^{-1} では殆ん相違が認められなかつた。

1・2 流動複屈折 (SB)

塩溶性区分Lの示す SB は，いうまでもなく，この区分中にふくまれるミオシン区蛋白によるものである。そこで，上記の粘度測定に用いたものと同じ試料について，乾燥日数 0, 2, 7 のとき，はつきりと SB を示すL区分の最低蛋白濃度，およびその中にふくまれているミオシン区蛋白の最低濃度をみると，Table 3 に示すようになる。すなわち，L区分の最低蛋白濃度からみても，その中のミオシン区蛋白濃度からみても，乾燥肉のL区分の SB は対照に比べて著しくよわい。したがつて乾燥した肉の塩溶性区分の SB の低いのは，乾燥によつてL区分中のミオシン区蛋白の含量が小さくなつたばかりでなく，ミオシン区蛋白自身の流動複屈折性の低下にもよることがわかる。

Tbble 3. Minimum protein conc. and min. "Myosin" conc. of Fraction L which gives distinct SB.

Time of dehydration (day)	0	2	7
Min. protein conc. of Fraction L (mg/ml)	0.8	1.6	3.4
Conc. of "Myosins" in Fraction L (mg/ml)	0.47	0.91	0.78

2・1 ミオシン区蛋白試料 S_2 の粘度変化

9月9日手に入れた活きヒラメ肉 (pH 6.62) を用い，乾燥群（乾燥日数 1, 5, 8, 12 日）および対照群（放置日数 0, 1, 2, 7 日）の肉から，Table 1 の方法で，S_1, S_2, S_3 の各区分を分離し，区分 S_2 をミオシン区蛋白試料として，S_1 および S_2 区分の粘度を $\bar{\beta} = 200$ および 500 sec^{-1} にて測定，$c = 0.7$ mg/ml における粘度数を出した。但し S_2 区分中のミオシン区蛋白の量は前にのべたように区分 S_2 と S_3 中の蛋白の差から求めた。

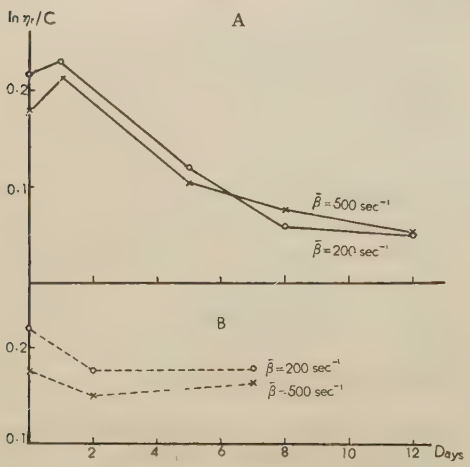


Fig. 2a. Change in viscosity of S_2 fraction of flatfish fillets (A) on dehydration, and (B) on storage.

Fig. 2a は S_2 区分の粘度変化を，Fig. 2b は乾燥群の，Fig. 2c は対照群の各試料から抽出された蛋白区分の量の変化を示す。

〔結果〕

(i) S_1 区分の粘度数　対照群，乾燥群もごく低い（約 0.006）が，この区分はアルブミンよりなつているから当然である。また乾燥による影響も少ない。

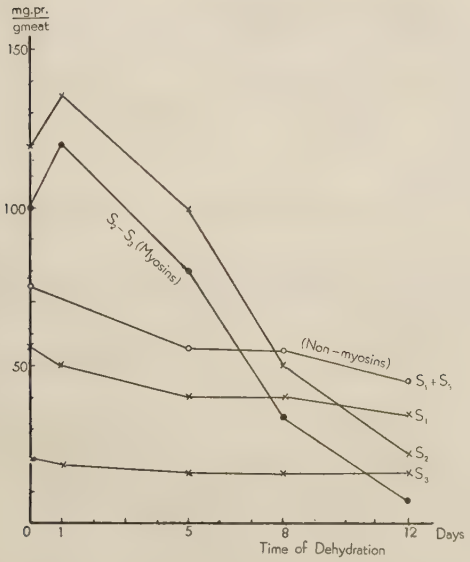


Fig. 2b. Change in extractability of proteins of flatfish fillets on dehydration.

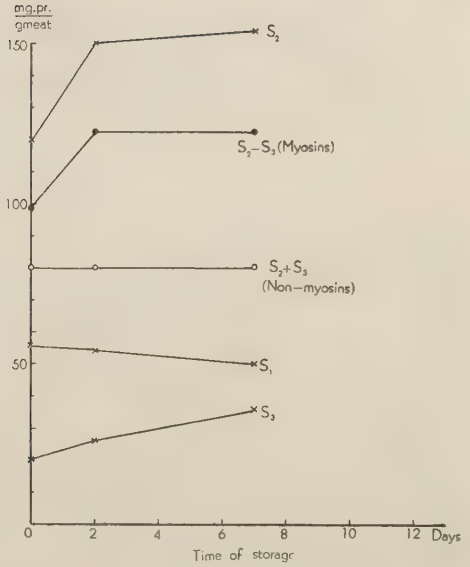


Fig. 2c. Change in extractability of proteins of flatfish fillets on storage.

(ii) 乾燥群の S_2 区分の粘度数 (Fig. 2a の実線)　乾燥のごく初期に，僅かながら上るようにみえるが，乾燥がすすむにつれて急激に下ること，溶出度の変化 (Fig. 2b) と同じ傾向を示している。Fig. 2a の曲線は，S_2 区分の蛋白濃度 0.7 mg/ml のときの粘度数であるが，この 0.7 mg 中にふくまれるミオシン区蛋白の量は，Table 4 に示すように，乾燥日数 12 日のものを除くと大差ない。

したがつて乾燥日数 12 日の試料を除くと，Fig. 2a の曲線は，肉の乾燥によるミオシン区蛋白自身の粘度変化を示すものといえる。すなわち肉の乾燥によつてミオシン区蛋白の粘度は下る，いいかえると分子の非対称性がへつていくような変化をうけたことを示す。

(iii) 対照群の S_2 区分の粘度数 (Fig. 2a B の点線)　この S_2 区分の蛋白 0.7 mg 中のミオシン区蛋白の量は Table 5 に示すように，放置日数7日までの試料では，大差ない。

したがつて Fig. 2a の粘度数の変化から，ミオシン区蛋白の粘度数の変化を推定して差し支えない。すなわち放置によつて粘度は幾分下るが，乾燥群のものとは比較にならないほど少ない。但し2日以上も放置したものでは自己消化がかなりすすんでいると考えられるので，対照としての意味は疑わしい。

Table 4. Amount of "Myosins" in 0.7 mg of proteins in Fraction S_2 from dehydrated meat.

Time of dehydration (day)	0	1	5	8	12
"Myosins" (mg)	0.57	0.60	0.59	0.53	0.2

Table 5. "Myosins" contained in 0.7 mg of proteins in Fraction S_2 from control meat in storage.

Time of storage (day)	0	2	7
"Myosins" (mg)	0.57	0.57	0.55

Table 6. Minimum protein concentration and "Myosins" concentration of Fraction S_2 which gives distinct SB.

Time of dehydration (day)	1	5	8
Minimum concentration of proteins in S_2 (mg/ml)	0.5	1.6	3.8
"Myosins" in S_2 (mg/ml)	0.3	0.9	2.0

2・2 乾燥による流動複屈折の変化

粘度の測定に用いたヒラメ肉の乾燥群からとつた同じ試料，S_1 および S_2 区分の流動複屈折を稀釈法によつてしらべた。

結果は Table 6 に示すように，乾燥がすすむほ

と S_2 区分の SB の強さはへる。S_2 区分中にふくまれる S_3 区分は全く SB を示さず，かつ S_2 区分中のミオシン区蛋白の濃度は前記 (Table 4) のように乾燥日数1日から8日の試料については大体同じであるから，上記の値はミオシン区蛋白の SB 変化を示すものである。すなわち乾燥によつてミオシン区蛋白の SB 性はへる。いいかえるとミオシン区蛋白分子は非対称性のへるような変化をうけたことがわかる。

結　　論

魚肉が脱水されると，抽出されるミオシン区蛋白の粘度数および流動複屈折は低下し，分子の非対称性がへるような変化を受けたことを示す。

BULL[4] は肉の乾燥によつてミオシン区蛋白の溶出度のへる事実を，分子間結合による side to side の凝集のためと考えている。また高橋[5] はイカ肉およびこれを乾燥後水戻しした肉の両者について，水中における熱収縮を比較し，乾燥後水戻ししたものは，熱に対して安定となることをみ，これは，生肉の場合よりも，多数の分子間結合ができていることを示すものとした。

乾燥の結果，ミオシン区蛋白の非対称性がへるというわれわれの結果は，BULL や高橋の説を支持するように思える。但し分子の非対称性の減少は糸状分子の分子内結合による folding によつてもおこりうる。

乾燥肉から抽出されたミオシン区蛋白の非対称性の減少は，分子間の凝集か，分子がよりまるまつた形になつたためかは，今回の実験からは断定することはできない。例えば分子量の測定等によつて明らかにされる今後の問題である。

実験に協力された仁平政男氏に感謝します。この実験については文部省科学研究費の補助をうけた。

文　　献

1) 右田正男・松本重一郎・最首とみ子：本誌，**22**，433～439 (1956).
2) 右田正男・鈴木たね子：本誌，**25**，127～135 (1959).
3) MIGITA, M, and MATSUMOTO, J, J,: 本誌，**20**，641～652 (1954).
4) BULL, L. B.: 水島・赤堀編 "蛋白化学" Vol. II, p. 580 (1954).
5) 高橋豊雄：東海区水産研究所報告 No. 14, 31～90 (1956).

水産動物肝臓中の脂肪酸について—I.
臭素化法による不飽和脂肪酸の定量

東 秀雄・新間弥一郎・田口脩子

(1959 年 11 月 30 日受理)

STUDIES ON THE FATTY ACIDS IN MARINE ANIMAL LIVERS—I.
QUANTITATIVE ANALYSIS OF UNSATURATED FATTY ACID BROMIDES.

Hideo Higashi, Yaichiro Shimma and Hisako Taguchi*

Many studies on the fatty acids of the marine animal livers have been done usually by the distillation of fatty acid esters extracted from high oil content livers. However, little effort has been made for quantitative determination of unsaturated fatty acids in low oil content livers. Kinds of animals used for the present study include bluefin tuna, bigeyed tuna, Indian tuna, Skipjack, fur-seal and fin whale. Free fatty acid and oil were extracted from the livers which had been minced and stored at about −10°C for 1~2 months. By saponifying the liver oil, mixed fatty acid which had formed glycerid and esters with vitamin A, sterol and other unsaponifiable alcohols, were separated from other components. In order to differentiate two groups of fatty acids, the authors propose to call the former "free type of fatty acids" (FFA) and the latter "ester type of fatty acids" (EFA). On each of the two types of fatty acids, iodine value and neutralisation value were determined (Table 3). Each of them was treated with lead acetate in 95 % alcohol, and separated into solid acid (SA) and liquid acid (LA). After brominated, the latter was separated into four fractions: oleic, linoleic, linolenic and arachidonic acid fractions, by making use of difference of solubility for petrol ether, ether and chloroform (Tables 2 and 4).

The results of our experiments were as follows

1. During a long storage, glycerid was destroyed by the lipase in the tissues, but esters of unsaponifiable matters seemed to be hardly attacked by the enzyme (Table 1 and Fig. 1). Then in low oil content livers such as under report, unsaponifiable contents in the extracted oils ran up to 30~50 % (Table 3).

2. In those fish livers, SA content has been found 22~27 % in EFA and 24.2~35.5 % in FFA. The sum of SA and oleic acid was 61~76 %. Between the two types of FA, percentage of each other unsturated FA was almost the same. Accordingly it may be concluded that a greater portion of FA which forms esters with such unsaponifiable matters as vitamin A and sterols must be composed of oleic acid and SA likewise in glycerid (Table 4).

3. In fin whale, SA was found 41.4 % in FFA and 15.1 % in EFA, whereas in a specimen of fur-seal (B) it was 20.2 %~16.5 % in each type of FA. But the constitution percentages of unsaturated FA of the marine mammals were similar to those of fishes, with the sum of SA and oleic acid being also 61~76 %. However, the fur-seal (A) had an embryo and exceptionally low content of highly unsaturated FA. Some kinds of vitamins in the liver of fur-seal (A) and (B) were determined (Table 5).

緒 言

種々の魚類肝油中の脂肪酸については辻本・外山・土屋らによる研究を始め多くの報告がなされている

* 東海区水産研究所 (Tokai Reg. Fish. Res. Lab. Chūō-ku, Tokyo, Japan).

東海区水産研究所業績B第 327 号

が，従来の研究は主に含油量の高い肝臓から得られた肝油を試料としてその中に含まれる脂肪酸を分離あるいは確認することに重点を置いて行われた。その実験方法としては混合脂肪酸から金属石鹸として飽和酸あるいは高度不飽和酸を分離し，これをエステル化後分溜して各溜分について沃素価，鹸化価を測定して不飽和度および炭素数を求めるという方法が慣用されてきた。

このような研究の結果によれば，肝油中の飽和酸は例えばマグロ肝油 31%[1]，サバヒイ肝油 27%[2]，オヒョウ肝油 24%[3]，その他 Cod, Hake, Dog fish, Skate などでは大体 20～12%[4]であり，またC数は 16 のパルミチン酸がその主なもので ミリスチン酸，ステアリン酸がこれにつぎ，C_{14} 以下の酸および C_{18} 以上の酸は存在しても微量である。また不飽和酸としては C_{18}, C_{20} の酸が最も多く，C_{16}, C_{22} 酸がそれにつぎ，C_{14} および C_{24} 酸は非常に少い。個々の酸としては二重結合 2～6 ケを有するものが種々分離確認されているが従来の実験法の多くは蒸溜によつて脂肪酸を分離したのでC数の相違による脂肪酸組成に重点が置かれた。

また肝油の季節的あるいは年令的変化については多くの報告があるが，その脂肪酸特に不飽和酸の組成に関する報告は少い。最近座間ら[5]は鮭肝油の脂肪酸を分析して産卵期の前後における各種脂肪酸の増減を観察しているが各種不飽和酸の割合についてはほとんどふれていない。魚類肝臓は陸上哺乳動物に比して著るしく多量の脂質を含むことが多く，したがつてその不飽和酸量もかなり異つているであろう。

著者らは肝臓中における脂肪酸の生化学的重要性はC数よりむしろその不飽和性にあると考え臭素化法による不飽和酸の分離定量を試みた。

また肝油中には不鹸化物としてステロール以外にビタミンAや種々のアルコールが存在するがこれらはほとんど脂肪酸とエステルを形成している。そしてこのエステル型の脂肪酸は飽和酸であるか，不飽和酸であるか，あるいは両者がどのような割合で混在するかも興味深い点であるが，僅かにビタミンAについてパルミテートが分離された報告[6]があるにすぎない。

著者らは肝臓中における脂肪酸の生化学的意義を研究するに当り比較的含油量の低いマグロ，バチ，インドマグロ，カツオ，ナガスクジラ，オットセイなどの水産動物肝臓から脂質を抽出し飽和酸および各種不飽和酸の割合を求めた結果，脂質中の脂肪酸組成および不鹸化物とエステルを構成する脂肪酸の組成について 2, 3 の知見が得られたので報告する。

実　　験

1) 試　　料

輸送中に著るしく鮮度の低下したビンナガ肝臓から脂質を抽出したが，きわめて高い酸価を示したので遊離の脂肪酸を分離した。脱酸後の抽出油をアルミナクロマトにかけ[7]，クロマト前後の不鹸化物量および

Table 1. ビンナガ肝臓中脂質分析結果
Lipids in *Albacore* liver

	Weight		Vitamin A	
	Content in liver	Yield	Potency in oil	Yield
	%	%	$\times 10^4$ I.U.	%
エーテル抽出脂質 (AV 153) Lipids extracted with ether	8.45	—	5.47	—
遊離型脂酸 FFA	6.30	—	—	—
抽出油 Ext. oil (excepting FFA)	2.08	100	21.6	100
抽出油中の不鹸化物 Unsap. mat. of ext. oil	—	63.8	32.5	96.0
抽出油弱化アルミナクロマト流下部分 Chromatographic fraction, eluted with petrol ether	—	69.0 (100)	26.5	84.7
流下部分中の不鹸化物 Unsap. mat. of the fraction	—	38.1 (55.2)	45.3	80.0

V. A. 単位を求めた (Table 1, Fig. 1)。この結果，抽出油は著るしく多くの不鹸化物を含み，その一部はクロマトにより吸着されるが大半は吸着されず特に V. A の 85％は流下することから脂肪酸とエステルを形成していると思われる。従来報告されたところによれば肝臓リパーゼはグリセリッドの分解が遅く一価のアルコールの脂肪酸エステルを速やかに分解すると述べられている[8]。しかし魚類肝臓ではグリセリッドは脂肪酸に分解されても V. A のようなアルコールと脂肪酸とのエステルは分解をうけ難いように思われる。したがつてこのようにして得られた不鹸化物含量の高い抽出油中の脂肪酸は主に不鹸化物とエステルを形成している脂肪酸であり，グリセリッドを形成する脂肪酸は含まれていても僅かであろう。

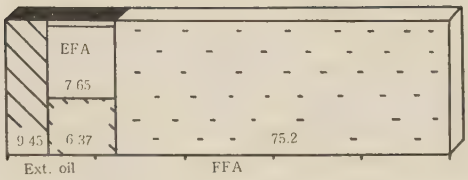


Fig. 1. ビンナガ肝臓中の遊離型脂肪酸と抽出油との割合
Weight % of extracted oil and free fatty acid in *Albacore* liver.
抽出油中の不鹸化物 Unsap. mat. of ext. oil
クロマト流下部分中の不鹸化物
Ester form, passed through the chromat. column
クロマトで吸着される部分
Free form, adsorbed on the column

そこで冷凍保存した数種の低含油量肝臓から脂質を抽出し，脱酸処理によつて遊離の脂肪酸を抽出油から分離し，前者を**遊離型脂酸** (**FFA**)，後者を鹸化して得られる脂肪酸を**エステル型脂酸** (**EFA**) と呼び，それぞれの脂肪酸組成を検討した。

抽　出　肝臓 400 g をチョッパーにかけ水 200 cc，サステン 0.2 g を加え混和する。この混和物を冷蔵庫 (−10°C) 中に保存すればグリセリッドは分解して酸価は増大する。脂質を抽出するには，酵素製剤 (スミターゼ 4,000 森本) 1.6 g を添加し 40°～50° C, 60 分ゆるやかに攪拌する。消化終れば温度をあげ，80°C に達してからさらに 5 分間加熱し，エキス分を吸引沪別する。圧搾した肝臓実質を 30 分加温吸引して水分を溜去した後，ベンゾール (Bz.) 600 cc を加え 30 分間沸騰攪拌しつつ脂質を抽出する (Fig. 2)。この時 Bz. から分離する水分 (Aq) を除く，3 回抽出を繰返し抽出 Bz. 溶液を集め 50% MeOH 250 cc NaOH 水溶液 (1+1.4 Aq) 6～10 cc を加え振盪，フェノールフタレンが赤色を呈することを確かめる。下層を分離後，さらに 40% MeOH 150 cc 宛で 2 回洗滌し脱酸を完了する。Bz. を溜去すればエステル型脂酸を含む抽出油を得る。洗滌液は酸性とした後 Bz. で抽出し，遊離型脂酸を得る。

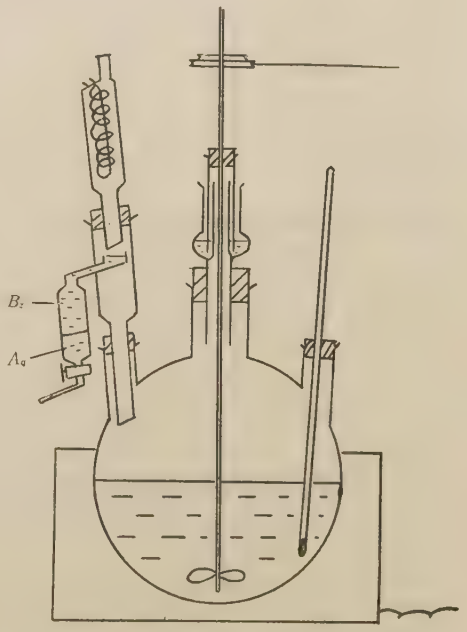


Fig. 2.

抽出油はアルコール性苛性カリを以て鹸化した後，エーテルで不鹸化物を抽出する。分離した石鹸層は酸性とした後分離する脂肪酸をエーテルで抽出し，エーテルを脱水溜去すればエステル型脂酸を得る。

魚類肝臓においては数尾～数十尾の肝臓から抽出した試料について実験したが，オットセイでは 2 頭の肝臓から別々に抽出し (A), (B) と区別した。

2)　脂肪酸の分離定量

飽和酸の分離　2～5 g の試料を精秤し，鉛塩アルコール法により固体酸および液体酸を分離し，両酸の合計を 100 として各酸の割合を求めた。また両酸につき中和価 N.V. および沃素価 I. V. を測定した。

沃素価は臭化ピリヂン法によつた。

不飽和酸の分離（臭素化法）　混合不飽和酸を臭素化し，臭化物の溶剤に対する溶解度の差を利用して二重結合 1, 2, 3, および 4 以上の 4 部分に定量的に分離する方法として三浦[9]・馬嶋[10]の報告があるが，魚類肝臓は陸上動物に比して一般に含油量が多く，試料を容易に多量に入手し得ること，また本研究においては個体差を考えず専ら魚種による相違を知ろうとしたので微量定量法の必要を認めなかつた。さらに著者らは操作が簡単であることを望んだので，つぎのごとき秤量法を以て定量した。すなわち不飽和酸約 1～2 g を精秤し，30 cc の乾燥エーテルに溶解し，−10°C の冷却室中で 10 分間放置後 2～4.5 g の Br を 1 滴宛振盪しながらフラスコ壁に添い注加する。この時始めの半量は少くとも 20 分間に入れ残りの半量は 10 分間位で入れ終る。注加する Br の色が褪色しなくなればそのまま 2 時間冷却室中に保つ。析出せる臭化物はガラスフィルター (3 G. 4) で沪過し沈澱の乾燥せぬように注意しながら −10°C に冷却したエーテル 5 cc 宛を以て 3 回洗滌する。洗滌終ればよく吸引し 60°C 減圧下に 20 分乾燥しエーテル不溶多臭化物 (II) を得る。沪液および洗液は酸性亜硫酸ソーダ溶液で過剰の Br を除き，水洗後脱水してエーテルを減圧溜去しエーテル可溶臭化物 (I) を得る。

エーテル可溶臭化物 (I) の分別　約 0.2 g (I) を精秤し石油エーテル 20 cc を加え 10 分間加温した後 −20°C のフリーザー中に一夜放冷する。沈澱はフリーザー中でガラスフィルター (51 G. 3) で沪別後予め冷却した石油エーテル 5 cc 宛を以て 2 回洗滌する。沪液および洗液を併せ，溶剤を溜去してオレイン酸 2 臭化物 (**I・1**) を得る。最初に秤量した試料との重量差をリノール酸 4 臭化物 (**I・2**) とした。

エーテル不溶臭化物 (II) の分別　約 0.2 g (II) を精秤しクロロホルム 20 cc を加え 10 分間加温した後室温 (18°C) に一夜放冷する。沈澱をガラスフィルター (51 G. 3) で沪別後脱水クロロホルム 5 cc 宛を以て 2 回洗滌する。沪液および洗液を併せ溶剤を溜去してリノレン酸 6 臭化物 (**II・1**) を得る。秤取した試料との重量差をアラヒドン酸多臭化物 (**II・2**) とした。

3) **計算法**　4 区分に分離された臭化物の重量からそれぞれの不飽和酸量を求めるには次式を用いた。

モノエチレン酸（オレイン酸として）＝(**I・1**)×0.6382

ヂェチレン酸　（リノール酸として）＝(**I・2**)×0.4667

Table 2. 液体酸の分別実験例（マグロ肝臓の遊離型脂酸）
Separation of LA bromide (FFA in *Bluefin tuna* liver)

No.	採取試料 Sample	重量 Weight g	(%)	分別せる臭化物重量 Wt. of separated bromides エーテル可溶臭化物 Ether soluble bromide (I) g	(%)	エーテル不溶臭化物 Ether insoluble bromide (II) g	(%)
2.1	液体酸 LA	1.058	(100)	1.530	(144.7)	0.822	(77.7)
2.2	(I) Treated with petrol ether	0.2782	(100)	Soluble (**I–1**) 0.1930 (69.4) Insoluble (**I–2**) 0.0852 (30.6)			
2.3	(II) Trated with chloroform	0.2597	(100)			Soluble (**II–1**) 0.1390 (53.6) Insoluble (**II–2**) 0.1207 (46.4)	

		Monoenoic (I–1)	Dienoic (I–2)	Trienoic (II–1)	Polyenoic (II–2)
2.4	不飽和酸 Unsaturated FA				
2.5	液体酸に対する臭化物の重量比 Wt % of separated bromides for LA	100.2	44.5	41.6	36.1
2.6	脂肪酸をもとめる係数 Factors: FA/Bromide	0.6382	0.4667	0.3670	0.3000
2.7	液体酸に対する各脂肪酸の重量比 Wt % of unsat. FA for LA	64.0	20.8	15.3	10.8
2.8	混合脂肪酸に対する重量比 Wt % for FFA	43.7	14.2	10.5	7.4

トリエチレン酸（リノレン酸として）＝(II・1) ×0.3670

テトラエン酸およびそれ以上の高度不飽和酸（アラヒドン酸として）＝(II・2) ×0.3000

この計算により得られる脂肪酸量の総和は 100 になるはずであるが実際には常に 100 より多く沃素価大なる試料ほど差が大となる。例えば Table 2 にマグロ肝臓中の遊離型脂酸について実験した結果を示したが，この場合にも不飽和酸量の合計は 110.9 となる。したがつて例えば遊離型脂酸中のオレイン酸量を求めるには次式による。

$$\text{オレイン酸量} = \frac{\text{液体酸中のオレイン酸量 } 64.0 \times \text{液体酸含量 } 75.8\%}{\text{各不飽和酸の計算値合計 } 110.9} = 43.7\%$$

その他の酸についても同様の計算を行い，Table 2 の (2·8) の結果が得られた。

実験結果および考察

魚類肝臓（マグロ，バチ，インドマグロ，カツオ）および水産哺乳動物肝臓（ナガスクジラ，オットセイ）

Table 3. 水産動物肝臓中の遊離型，エステル型脂酸量および各脂肪酸の中和価，沃素価
Yields and properties of FA in marine animal livers

魚種 Kind of animal	脂肪酸の種類 Type of FA (VA potency in oil)	収量 Yield %	混合脂肪酸 Mixed fatty acid 中和価 N.V.	混合脂肪酸 Mixed fatty acid 沃素価 I.V.	固体酸 SA N.V.	固体酸 SA I.V.	液体酸 LA N.V.	液体酸 LA I.V.
マグロ *Bluefin tuna*	遊離型脂酸 FFA	7.23	179.0	—	214.4	6.89	179	193.7
	抽出油 Ext. oil (3.0×10⁴ I.U./g)	9.39						
	不鹸化物 Unsap. mat.	17.4						
	エステル型脂酸 EFA	70.4	188.8	126.2	203.6	9.74	198.5	183.3
バチ *Big-eyed tuna*	FFA	4.33	195.0	159.0	226	10.9	195	204.1
	Ext. oil (16.3×10⁴ I.U./g)	3.16						
	Unsap. mat.	43.3						
	EFA	44.4	202.0	—	233	22.3	199	194.0
インドマグロ *Indian tuna*	FFA	3.2	187	141.5	227	6.40	203.5	212
	Ext. oil (68.8×10⁴ I.U./g)	4.69						
	Unsap. mat.	39.8						
	EFA	53.8	195	136.0	212	11.3	189.5	176
カツオ *Skipjack*	FFA	3.76	200	163.2	210	4.05	179	228
	Ext. oil (21.8×10⁴ I.U./g)	2.00						
	Unsap. mat.	30.7						
	EFA	58.6	187	164.0	204	12.6	192	205
ナガスクジラ *Fin whale*	FFA	1.49	201	139.9	206	8.51	180	188.5
	Ext. oil (33.9×10⁴ I.U./g)	1.87						
	Unsap. mat.	53.1	(28.1%)*					
	EFA	44.6	194	180	211	12.38	183.5	202.3
オットセイ *Fur-seal* (A)	FFA	—	—	—	—	—	—	—
	Ext. oil (1.14×10⁴ I.U./g)	2.23						
	Unsap. mat.	43.3						
	EFA	39.8	194	145	202.5	27.5	174	170
オットセイ *Fur-seal* (B)	FFA	2.69	186	159.7	204.4	5.5	189	178.5
	Ext. oli (2.33×10⁴ I.U./g)	2.72						
	Unsap. mat.	31.1	(38.9%)*					
	EFA	59.6	182	144.2	204.4	7.7	171	176.5

* (Sterol content in unsaponifiable matter)

について遊離型およびエステル型脂酸を抽出し，その収量およびそれから分離した固体酸および液体酸の中和価，沃素価を測定し，その結果を Table 3 に示した。すなわち全脂質の中でグリセリッドの分解によつて生じたと思われる遊離型脂酸の割合はいずれも著るしく多い。また抽出油中の不鹸化物含量は高くカツオ，オットセイ（B）30%，バチ，インドマグロ，オットセイ（A）40%，ナガスクジラ 50% である。しかし他の試料に比して含油量の多いマグロでは不鹸化物含量はなお 16.6% に留まり多量のグリセリッドを残し

Table 4. 水産動物肝臓中の脂肪酸の分析結果
Separations of the mixed FA in marine animal livers

魚種 Kind of animal	脂肪酸の種類 Type of FA	鉛塩・アルコール法 Leadsalt separation			臭素化法による液体酸の分離 Separations of LA bromides							
		試料 Mixed FA	固体酸 SA	液体酸 LA	試料 LA	Ether soluble bromide (I)	I–1	I–2	Ether insol. bromide (II)	II–1	II–2
		g			g	g			g		
マグロ *Bluefin tuna*	遊離型脂酸 FFA	5.18	1.16	3.62							
	FA %		**24.2**	**75.8**			**43.7**	**14.2**		**10.5**	**7.4**
	エステル型脂酸 EFA	5.20	1.34	3.71	1.083	1.612			0.758		
	Bromide g					0.244	0.190	(0.054)	0.269	0.152	(0.117)
	FA %		**26.6**	**73.4**			**48.1**	**9.94**		**9.44**	**5.92**
バチ *Big-eyed tuna*	FFA	3.00	0.747	2.05	1.592	2.308			1.424		
	Bromide g					0.278	0.192	(0.086)	0.223	0.121	(0.102)
	FA %		**26.7**	**73.3**			**41.5**	**12.6**		**11.4**	**7.8**
	EFA	2.03	0.44	1.53	1.198	1.733			0.924		
	Bromide g					0.193	0.140	(0.053)	0.215	0.110	(0.105)
	FA %		**22.3**	**77.7**			**46.8**	**12.9**		**10.1**	**7.9**
インドマグロ *Indian tuna*	FFA	3.81	1.26	2.29	0.918	1.439			0.812		
	Bromide g					0.189	0.115	(0.074)	0.181	0.101	0.080
	FA %		**35.5**	**64.5**			**32.8**	**15.5**		**9.8**	**6.4**
	EFA	2.76	0.665	1.797	0.899	1.384			0.523		
	Bromide g					0.155	0.119	(0.036)	0.274	0.186	(0.088)
	FA %		**27.0**	**73.0**			**49.3**	**10.6**		**9.5**	**3.6**
カツオ *Skipjack*	FFA	3.25	0.867	2.104	0.915	1.322			0.925		
	Bromide g					0.197	0.113	(0.084)	0.194	0.121	(0.073)
	FA %		**29.2**	**70.8**			**32.2**	**17.5**		**14.0**	**7.1**
	EFA	2.66	0.656	1.988	0.816	1.202			0.681		
	Bromide g					0.169	0.105	(0.064)	0.194	0.110	(0.084)
	FA %		**24.9**	**84.3**			**38.8**	**17.5**		**11.6**	**7.2**
ナガスクジラ *Fin whale*	FFA	5.36	1.98	2.80	0.964	1.361			0.751		
	Bromide g					0.233	0.177	(0.056)	0.223	0.123	(0.100)
	FA %		**41.4**	**58.6**			**36.3**	**8.4**		**8.4**	**5.5**
	EFA	2.06	0.34	1.83	0.984	1.457			0.719		
	Bromide g					0.239	0.162	(0.077)	0.182	0.113	(0.069)
	FA %		**15.7**	**84.3**			**48.5**	**16.9**		**12.6**	**6.3**
オットセイ *Fur-seal* (A)	FFA		—	—			—	—		—	—
	EFA	2.01	0.50	1.55	0.855	1.279			0.513		
	Bromide g					0.252	0.222	0.030	0.159	0.113	0.046
	FA %		**24.4**	**75.6**			**56.3**	**5.4**		**10.4**	**3.5**
オットセイ *Fur-seal* (B)	FFA	3.03	0.46	2·46	1.657	2.296			1.202		
	Bromide g					0.213	0.155	0.058	0.240	0.132	0.107
	FA %		**15.8**	**84.2**			**50.3**	**16.2**		**8.1**	**9.6**
	EFA	4.41	0.85	3.37	2.030	2.881			1.381		
	Bromide g					0.225	0.156	0.069	0.211	0.104	0.108
	FA %		**20.2**	**79.8**			**47.3**	**15.4**		**9.3**	**7.8**

（記号 I–1, I–2, II–1, II–2 については Table 2 を参照）
(For notations I–1, I–2, II–1 and II–2 see Table 2)

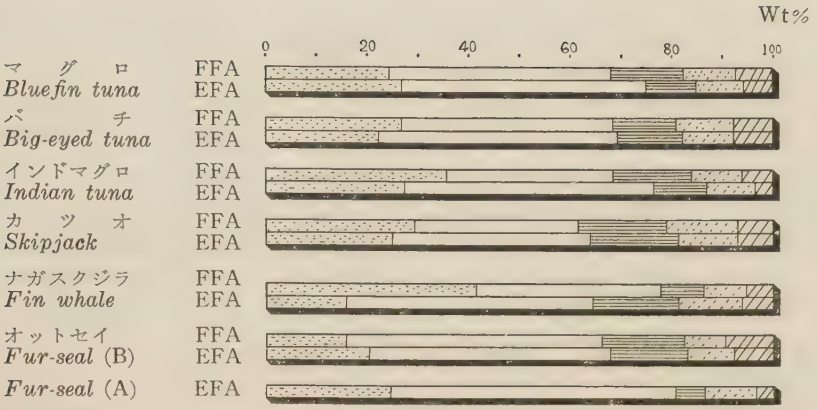


Fig. 3. 水産動物肝臓中の脂肪酸分析結果
Weight percentage of various fatty acids

ている。

表に掲げた7種の試料において固体酸の中和価（202.5～233）はいずれも液体酸の中和価（174～203.5）より高く，また沃素価は 4.05～27.5 であつたがこの沃素価が不飽和固体酸によるものかどうかは明らかでない。

つぎに液体酸を臭素化法により不飽和度別に分離し，各脂肪酸の割合を求め，その結果を Table 4 に示した。これを図示すれば Fig. 3 となる。また肝臓重量に対する各脂肪酸の含量を求めれば Fig. 4 となる。これらの結果に見るように魚類肝臓と水産哺乳動物肝臓とではかなり相違がある。

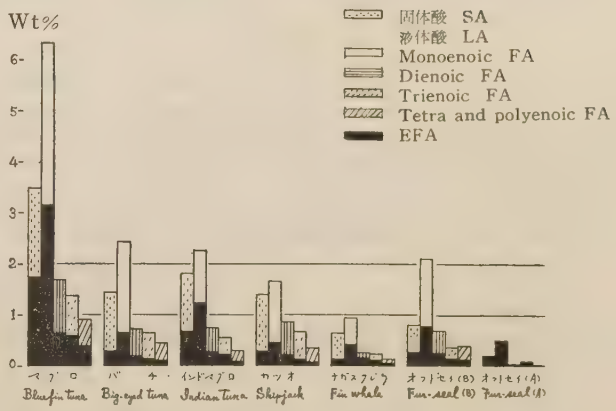


Fig. 4. 水産動物肝臓中の脂肪酸含有
Fatty acid content in marine animal livers

1. 魚類肝臓

i) エステル型脂酸中の固体酸は 22～27% であるが，遊離型の固体酸はインドマグロ（33.5%）＞カツオ（29.2%）＞バチ（26.7%）＞マグロ（24.2%）の順となる。これらの魚の正確な漁獲場所はインドマグロ（S 15°, E 102°）以外は明らかでなく，僅かに水揚港がそれぞれ清水，三崎，気仙沼と知られているにすぎない。しかし遊離型の固体酸量とこれら魚の漁獲水域の水温との間には関係があるように思われるので，さらに多数の試料について検討する必要があろう。

ii) オレイン酸量は魚種により種々異なるが，各試料についてオレイン酸量と固体酸量との和を求めれば 61～76% となり，魚類肝臓中の脂肪酸の大半を占めている。また遊離型とエステル型とではつねにエステル型の方がやや高い値を示している。

iii) リノール酸，リノレン酸，アラヒドン酸（以下これらを総称して必須脂肪酸と呼ぶこととする）のそれぞれの割合はリノール酸 10～18% ＞ リノレン酸 9～14% ＞ アラヒドン酸 8～13% である。実験した魚種の中ではカツオ肝臓が最も多くの必須脂肪酸を含み特にリノール酸が多いことを認めた。

iv) 抽出油中にグリセリッドが多く残つている試料においては両型の脂肪酸の組成割合がきわめて類似するのは当然であるが不鹸化物含量が高くグリセリッド量の少いと思われる場合にも両型の組成割合には大

差がない。したがつて含油量の少い肝臓においては不鹸化物とエステルを形成する脂肪酸は特定の飽和あるいは不飽和酸ではなく，グリセリッドに含まれている脂肪酸とほとんど同じ割合の脂肪酸がエステルを形成していると考えられる。また抽出油中のA単位は3万 I.U.～69万 I.U. で試料によりかなり差があり，インドマグロの場合には不鹸化物の少くも 1/3 はV.Aである。しかしいずれの場合もエステル型脂酸の組成にはほとんど差を認めない。したがつて，V.A のエステルもオレイン酸エステルが最も多く固体酸エステルがこれにつぎ，さらに若干の必須脂肪酸エステルが存在すると考えて良いであろう。

以上の実験結果によれば魚類の低含油量肝臓においてはその脂肪酸の組成割合は魚種によつて大差がなく，i), ii), iii) に述べたような普遍的傾向が存在するように思われる。しかし魚類肝油は季節，漁場，年令などによりその含油量や性状が著るしく変化することが知られており，例えば鰹肝油の沃素価については 114～244[11)12)13)]の報告があり著者らの数値とは甚だしく異る。したがつて脂肪酸の組成についても，さらに季節的，年令的変化を調べ一層検討を重ねる必要があろう。

2. 水産哺乳動物肝臓

ナガスクジラの捕獲時期，漁場などについては不明であるが，オットセイについては捕獲状況および肝臓中のビタミン類についての分析結果があるので Table 5 に示した。クジラおよびオットセイについての実験結果は個々に大きな相違があつて一般的な傾向をとらえることはできなかつた。

Table 5. オットセイ肝臓中のビタミン含量
Biochemical date of *Fur-seals* (A) and (B)

試料 Sample	体長 体重 Size & Wt.	性別 年令 Sex & Age	胎児 Embryo	肝臓重量 Wt. of liver g	肝臓中含油量およびビタミン量 Content of oil and vitamins in liver								
					肝油 Liver oil							パントテン酸 Pantothenic acid γ/g	葉酸 Folic acid γ/100 g
					含油量 Oil Cont. %	酸価 AV	V.A. potency I.U. in oil	$V.B_1$ γ/g	$V.B_2$ γ/g	$V.B_6$ γ/g	$V.B_{12}$ γ/100g		
A (2128)	135cm 39 kg	♀ 10	♂ 35cm 1,270g	1,200	5.15	96.0	5,660	4.5	25	6.8	21	40	210
B (2129)	111cm 25.5 kg	♀ 4	None	810	4.77	107.0	15,000	7.3	34	14.0	18	40	230

The sample A was caught at the position 38°47′ N, 142°36′ E and Sample B at 39°59′ N, 142°20′ E both on 15 March 1959.

i) クジラ肝油中の飽和酸についてはすでに，マッコウクジラ 23.9%[14)]，ツチクジラ 39.0%[15)]の報告があるが著者らの試料では総脂肪酸中の固体酸の割合は 27.1% であつた。しかしその中でエステル型はエステル型脂酸の 15.1% に過ぎないが遊離型は遊離型脂酸の 41.4% で著るしく多い。不飽和酸の組成は大体魚類肝臓の場合と似ており著るしい相違はない。

ii) クジラおよびオットセイ（B）において固体酸量とオレイン酸量とを加えた値を求めるとそれぞれ 64～78% 程度となり，魚類の場合と大差がない。

iii) オットセイの（A）と（B）では脂肪酸組成は著るしく異り，エステル型の必須脂肪酸量は（B）33% に対し（A）20% で遙かに少い。また試料（A）では肝臓中のビタミン類の中で A, B_1, B_2, B_6 がいずれも著るしく低いことを認めたが，この相違は（A）が胎児を有していることに起因するのかも知れない。魚類肝臓と比較して試料（B）の結果は個体酸量がやや低い以外は大差がない。また両型の脂肪酸組成もほとんど同じであつた。

3. 実験結果の吟味

Fig. 3, 4 の脂肪酸の組成割合を求める場合に著者らは固体酸量を便宜上そのまま記載したが，実際には

これらの固体酸は飽和酸以外にその沃素価に相当する量の不飽和酸を含有しているわけである。この混在する不飽和酸をオレイン酸と仮定して飽和酸量を求めるとつぎのようになるが固体酸量と大差はない。

	インドマグロ	カツオ	バ チ	マグロ
遊離型脂酸中の飽和酸量	33.0%	27.1%	23.5%	22.4%

臭素化法により不飽和酸の分離定量を行つた場合に欠点として高度不飽和酸部分がエーテル可溶となり低い値しか得られぬ恐れがある。もし分離し得た脂肪酸の沃素価を2重結合の数に応じて，およそ 90，180，270，400 と仮定し，実験結果から液体酸の沃素価を逆算すると次のようになる。

	マ グ ロ	バ チ	インドマグロ
遊 離 型 脂 酸	162 (193.7)	167 (204.1)	170 (212)
エステル型脂酸	156 (183.3)	164 (194)	142 (176)

( ) 内実測値

計算値は常に実測値より低くその 0.8～0.85 程度に過ぎない。この点については，アルカリ異性化法により吟味を行ないエーテル可溶部に著量の高度不飽和酸の存在を認めたがその詳細は次報に述べることにする。

摘　　要

比較的含油量の低い魚類肝臓および水産哺乳動物肝臓から遊離型の脂肪酸およびエステル型の脂肪酸を抽出し，これを固体酸および液体酸に分け液体酸は臭素化法によつてさらに不飽和度を異にする4区分に分離してその割合を求めつぎのことを明らかにした。

1．長期間保存した低含油量肝臓においてはグリセリッドは分解して遊離の脂肪酸となるが，不鹸化物特に V. A の大部分はエステルのまま残り脂肪酸を遊離し難い。

2．供試試料の魚類肝臓においては

i）遊離型脂酸中の固体酸の割合はインドマグロ 35.5%＞カツオ 29.2%＞バチ 26.7%＞マグロ 24.2%の順であり棲息環境との間に関係があるように思われる。

ii）エステル型脂酸中の固体酸量は 22～27% で魚種による差が少い。

iii）各試料の固体酸とオレイン酸との和は 61～76% で魚種による差は比較的少い。

iv）必須脂肪酸の割合はリノール酸 10～18%，リノレン酸 9～14，アラヒドン酸 8～13% であつた。

v）遊離型とエステル型の脂肪酸の組成割合には大差がない。したがつて不鹸化物とエステルを形成する脂肪酸はグリセリッドに含まれる脂肪酸とほとんど同じ割合と考えられる。

3．水産哺乳動物肝臓においては試料による差が大きく一般的傾向は認め難いが

i）固体酸とオレイン酸との和は 64～78% で魚類の場合に似ている。

ii）必須脂肪酸の組成割合はクジラおよびオットセイ（B）においては大体魚類の場合と大差はない。

iii）胎児を有していたオットセイ（A）においては肝臓中の必須脂肪酸量および V. A，B_1，B_2，B_6 の含量が著しく低いことを認めた。

本研究に使用せるオットセイ肝臓は海獣科諸氏の御協力により，そのビタミン群の分析値は村山・簗瀬・山田の諸氏によつて提供された。また臭素化法については馬嶋安正氏に御助言を頂いたことを併せて謹んで感謝する。

文　　献

1) 富山哲夫：本誌，**2**，1 (1933).
2) 加福均三・畑　忠太：工化，**38**，1414 (1935).
3) 辻本満丸・木村包介：東工試，**22**，69 (1927).
4) K. D. Guha, T. P. Hilditch, and J. A. Lovern: B. J. **24**, 266 (1930).
5) 座間宏一・五十嵐久尚：本誌，**19**，1087 (1954).
6) S. Hamano: Sc. Pap. I. P. C. R. **26**, 87 (1934).
7) 新間彌一郎・田中　実：本誌，**25**，52 (1959).
8) C. Oppenheimer: "Die Fermente und ihre Wirkungen", Supplement I. N. V. Drukkerij V/h L. E. Bosch & Zoon, Utrecht (1936), p. 78.
9) Kichihei Miura: J. Biochem, **29**, 467 (1939).
10) 馬嶋安正：生化学，**28**，383 (1956).
11) 加福均三・池田鉄作・加藤亮三：日化，**54**，325 (1933).
12) 外山修之・高井英子：油化学，**3**，269 (1954).
13) 土屋知太郎・金子良平・遠藤拓治：工化，**56**，350 (1953).
14) 低伯誠通・森高次郎：本誌，**19**，614 (1953).
15) ――――・――――：　〃　，**20**，396 (1954).

漁撈用餌料に関する研究—I.

ブリふかせ釣り用餌について

金田尚志・小山武夫・石井清之助

日本水産学会誌
第二十六巻 第六号 別冊
昭和三十五年六月二十五日発行

Reprinted from Bulletin of
the Japanese Society of Scientific Fisheries
Vol. 26, No. 6, June 1960.

漁撈用餌料に関する研究—I.

ブリふかせ釣り用餌について

金田尚志・小山武夫・石井清之助

(1960 年 3 月 3 日受理)

STUDY ON THE BAIT FOR FISHING—PART I. AN IMPROVED TYPE OF CHUM FOR YELLOWTAIL FISHING

Takashi Kaneda, Takeo Koyama and Seinosuke Ishii*

Chum prepared by use of squid liver oil is said to be quite efficient for attracting fish. The cost of the bait, which is considerable due to a large amount needed at each operation, could be reduced if fishermen were informed of the processing technique of the commercial chum or alike materials. With this view in mind the authors prepared a chumming bait on the basis of knowledge obtained from examination of the commercial products.

1) In preparation the minced meat of saury or anchovy was mixed with wet starch dregs from sweet potato on the same weight basis. Squid liver oil containing 1 percent soya lecithin was emulsified in the presence of 50 percent water. Ten percent of the emulsified oil was added to the mixed meat.

2) Experimental fishing for yellowtail was carried out in June 1959 to compare the present chum with ordinary chum in regard with fishing efficiency. The results revealed that the present chum apparently enabled the fishermen to catch a greater amount of fish at a lower cost than the ordinary chum did (Tables 1 and 2).

I. 緒　　言

釣り漁業において餌は極めて重要な地位を占めていることはいうまでもない。すなわち，餌の良否は直接漁獲量にひびき，漁家経済への影響は甚だ大きい。そのため，漁業者は昔から餌に対し幾多の労苦を重ねている。

釣り漁業における餌の問題点をとりあげてみると，これらはつぎのごときものに分類されよう。すなわちまず第1にいえることは餌付の悪い時に如何にして魚を餌に喰いつかせるかということである。この問題を解決するためには単に餌に関する研究ばかりでなく，潮の状態とか天候その他いろいろの要因を勘案する必要があることは当然だが，餌のみについても考慮すべき問題がある。つまり極めて魚の嗜好に合つた餌が見出されれば，たとえいろいろの条件が多少悪くても魚は餌に向つて飛びかかるであろうということは考えられる。そのため現在使用している餌に満足することなく，さらに魚の好む餌を見出す研究が行われるべきと思う。第2には魚群を前にしていながら，餌がないために出漁できぬということがしばしばあるということである。この場合，最もその魚種に適合した餌がなくても，ある程度の漁獲があげられるような餌で，しかも何時でも常備しておけるような保存性のあるものが見出されればまことに好都合である。第3にはサバのハネ釣り漁業のごとく，多量の撒餌を使用する漁法においては使用した餌の代金が必要経費のうちの主要部分をしめ水揚げ価格の 20～30% にも当つてしまうということである。この撒餌の費用がたとえ 10% 下げられたとしても漁家経済におよぼす影響は非常に大きい。

* 東海区水産研究所 (Tokai Reg. Fish. Res. Lab.).

東海区水産研究所業績 B 330 号

筆者等は上記のごとき餌に関する問題のうちいくつかでも解決したいと本研究を開始した。

上記のごとき問題を解決するための手掛りとなる文献は極めて少く，殆んどないといつても過言ではない。そこで，現在実際に使われている餌のなかから魚がとくに好むものを見出そうと試みた。この魚の嗜好に合つた餌の一つに古くから主として中国地方で使用されている油イカがある。これは主にタイの一本釣りに使用されている餌だが，地方によつてはあまり釣れすぎて資源を枯渇させる恐れがあるため禁止されているところもあると聞いている。

油イカの製造はふつう漁業者は行わず，特定の製造業者により行われており，その製法は秘密にされているが，大体のところはスルメイカの胴を開いて内臓を除き，半日ぐらい蔭干しにしたものをコウナゴ油とかサンマ油などに漬けて熟成させるようである。このほかイカを漬ける油はいろいろとあり，イカ肝油がよいとかイワシ油がよいなどともいうようだし，植物油を添加するところもあると聞いている。しかし筆者等が集めた情報の大部分は魚油であり，しかもこれらの魚油はいずれも不飽和性の大なる油であつた。そこで筆者等は，魚油に漬けたイカをタイが好むのは製造過程において魚油が酸化し，その結果生じた酸化生成物が有効なのではないかと考えた。そこで市販油イカから油を分ち，その性状を調べてみたが，とくに目立つ程の酸化は起つていなかつた。なお静岡県水産試験場の報告[1]によればコウナゴ油に浸漬したスルメイカ（市販品）は酢酸および酪酸を含むほか，時間の経過とともに揮発性塩基をも増すということである。また油イカのにおいを嗅いでみるとスカトールないしインドールを思わせるような臭気がする。そこで筆者等は油脂およびイカ肉の酸敗ないし軽度の腐敗により生じた各種成分の全部ないし一部をタイが好むのではないかと考えた。

このことを油イカを使用することなく証明しようと思い，スルメイカを内臓ごと細切し，イカ肝油に混じて放置し，イカを腐敗せしめて，その臭気をイカ肝油に移行せしめたところ，市販油イカ同様の臭気を持ちしかも一層強烈なものが得られた。本試料油および原イカ肝油ないしサンマ油を重合せしめたものなどを短冊型に切つた赤または桃色のフランネルに浸し，ブリふかせ釣りの餌として使用してみたところ，対照として用いたサンマ切り身とほぼ同様の効果を認めた。しかし，筆者等の行つた試験の範囲では油の違いによる差を認め得なかつた。

またブリふかせ釣りにおいては直接鈎につける餌よりも撒餌の方がはるかに多くの経費を必要とすることを知つたので，経費がかからず，しかも従来の撒餌同様ないしそれ以上の効果を有する餌を見つけようと試みた。そこで，前試験において魚油ないし肝油がかなりブリを誘引する作用があるように思われたのでこれを肉挽器にかけた魚肉中に混合し，さらに増量剤として澱粉滓を添加したものを作つた。なおこの際，海水中における油の分散を良好ならしめるため，添加した魚油は乳化剤を加え，乳化機を通して乳化油としたものを用いた。

この撒餌を千葉県勝浦市川津漁業会においてブリふかせ釣りに実際に使用してもらつたところ予期以上の効果をあげ，従来餌以上の成績が得られた。

II. 実 験 の 部

供試油： 市販イカ肝油に味の素 K. K. 製粗大豆レシチン 1% を加え加温溶解せしめたものに等量の水を添加し，乳化機を通して乳化せしめた。

澱粉滓： 市販サツマイモ澱粉滓（乾燥品）を水に一夜浸し，おから程度の状態としたものを使用した。

試験方法： 肉挽器にかけたカタクチイワシないしサンマに等重量の湿つた澱粉滓を加え，これに 10% 程度のイカ乳化肝油を混じ，よく混合せしめた。本試料に海水を加え，泥状としたものをコマセ袋に詰め，以下，従来餌と同様にしてブリふかせ釣りに用いた。この撒餌の海水中における分散状態はカタクチイワシのみのものよりも比重軽いため沈降速度が遅く，撒餌としての状態は極めてよいことが認められた。

試験場所その他： 千葉県勝浦市川津漁業会所属船万丸により試験操業を行つた。すなわち，昭和 34 年 6 月中 14 回出漁し，前記撒餌のみを使用してブリふかせ釣りを行つた。なおその水揚高を同月同日出漁した

同数乗組員（各船2名）の漁船4隻と比較したところ次表のごとき結果を得た。

Table 1. Results of test fishing.
第1表　試験結果

Name of fishing boat 船名	Amount of catch by species 水揚魚重量 (kg)				Total amount 合計 (kg)
	Red sea-bream タイ (kg)	Centrophid fish メダイ (kg)	Amberjack ヒラマサ (kg)	Yellow tail ブリ (kg)	
Manmaru 万丸	158	74	274	197	703
Toyomaru (Control) 豊丸 (対照)	77	110	198	92	467
Saheimaru (〃) 佐平丸 (〃)	65	29	109	234	437
Tomimaru (〃) とみ丸 (〃)	47	104	128	73	352
Awatamaru (〃) 粟田丸 (〃)	167	93	284	58	602

Table 2. Amount and cost of bait used for chumming.
第2表　撒餌の使用量および金額

Name of fishing boat 船名	Amount by species and cost of bait fish 餌料用魚名，数量，金額			Starch dregs 澱粉滓		Emulsified cuttlefish liver oil 乳化油		Total cost (Yen) 金額総計 (円)	Cost of bait per 1 kg of catch (Yen) 水揚げ1kgに要した餌の値段 (円)
	Saury サンマ (kg)	Anchovy カタクチイワシ (kg)	Cost (Yen) 金額 (円)	Amount 数量 (kg)	Price (Yen) 金額 (円)	Amount 数量 (kg)	Cost (Yen) 金額 (円)		
Manmaru 万丸	33	168	7632	40	760	10	500	8892	12.65
Toyomaru (Control) 豊丸 (対照)	62	222	10968	—	—	—	—	10968	23.48
Saheimaru (〃) 佐平丸 (〃)	28	221	9290	—	—	—	—	9290	21.26
Tomimaru (〃) とみ丸 (〃)	62	286	13272	—	—	—	—	13272	37.70
Awatamaru (〃) 粟田丸 (〃)	334	78	18840	—	—	—	—	18840	31.30

以上の結果を見るに乳化油および澱粉滓を添加した撒餌の効果は非常に高く，明らかに他船を凌駕したことが認められた。また漁獲物に対する餌代も従来餌の平均価格の 45% 程度で足りることを知つた。

III. 考　　察

以上の結果より考察するに，筆者等の考案したブリふかせ釣り用撒餌は値段を下げるばかりでなく，従来餌以上の効果を有するものと考えることができよう。

本試験においては乳化油原料としてイカ肝油を直接乳化せしめたものを使用したが，油イカ油のごとき臭気を帯びさせたものの効果についても検討する必要があると思う。さらに活動性魚類と各種臭気成分との関係などについての基礎的研究を行うことにより一層効果的な餌料が見出されると考えるが，これは今後に残された問題である。また最近過剰状態にあるマッコウ鯨油などが本撒餌に応用できれば好都合と思い，この点については目下試験中である。

著者等はブリふかせ釣りばかりでなくサバはね釣りに対してもこの撒餌を応用しようと試みており，さらにゆくゆくはカツオ一本釣りの撒餌も考案したいと考えている。

IV. 摘　　要

ブリふかせ釣りに使用する撒餌の価格を引下げるとともに漁撈効果を高める餌料につき研究し，つぎの結果を得た。

（1） イカ肝油に少量の大豆レシチンを添加し，乳化油を製し，これを魚肉摺身および澱粉滓の等量混合物に 10% 添加した。

（2） 本試料をブリふかせ釣りの撒餌として使用したところ従来餌以上の効果が認められるとともに撒餌代金を半額以下に削減せしめることができた。

本研究を行うにあたり漁撈試験に協力された千葉県勝浦市川津漁業会万丸船長吉清判治郎氏に衷心より謝意を表する。

文　　献

1） 未発表.

水産動物中のビタミンDに関する研究—I.

クロマトグラフによるビタミンD定量法の改良

山川健重・岩崎喜久子

日本水産学会誌
第二十六巻 第十号 別冊
昭和三十五年十月二十五日発行

Reprinted from Bulletin of
the Japanese Society of Scientific Fisheries
Vol. 26, No. 10, October 1960.

水産動物中のビタミンDに関する研究—I.
クロマトグラフによるビタミンD定量法の改良

山川健重・岩崎喜久子

(1960 年 6 月 1 日受理)

STUDIES ON VITAMIN D IN AQUATIC ANIMALS—I.
IMPROVEMENT OF THE ASSAY METHOD BY USING CHROMATOGRAPHY

Takeshige YAMAKAWA and Kikuko IWASAKI*

In a method for determining vitamin D in animal oils, proposed by Ewing et al[1]. and modified by Numata[2),3)], the oil is saponified, sterols removed by precipitation in cooled methanol and vitamin A removed by chromatography with Superfiltrol (SPF). Vitamin D is then determined spectrophotometrically after adding $SbCl_3$ reagent. The absorption values at 500 mμ are compared to samples of vitamin D put thorough same process.

In the present work, adsorption on weakened alumina (10% water in alumina) was introduced as a further purification process after chromatography and before addition of $SbCl_3$. The absorption values of unknown samples and reference vitamin D samles were determined at 490mμ, 500mμ and 508mμ and the following formula was obtained which eliminates the need for vitamin D reference material.

$$E_{500m\mu}\ (\text{corrected}) = E_{500m\mu}\ (\text{observed 60 seconds after addition of } SbCl_3) \times f$$

$$f = 7 - 3.11 \times \frac{E_{490m\mu}\ (\text{observed})}{E_{500m\mu}\ (\text{observed})} - 3.89 \times \frac{E_{508m\mu}\ (\text{observed})}{E_{500m\mu}\ (\text{observed})}$$

The method under report was found applicable to samples containing vitamin D at a level as low as 1/550 of the vitamin A content (Table 4).

緒　　言

ビタミンDの理化学的定量法については多くの研究があるが，特に注目すべきは EWING ら[1] と沼田[2),3)] の研究である。EWING らは Superfiltrol (以下 SPF とする) とアルミナの二段クロマトグラフを行い，試料中の D と A の単位の比が約 1: 20 より小さい場合に限り定量し得るとした。沼田はこの方法を簡易化し SPF のみを用いて D を定量する方法を発表した。著者らは沼田法を用いて濃縮ビタミン油中の D を測定したところ，甚だしく過大な結果がえられることを見出した。これは試料中の非D呈色物**を SPF によつて完全に分離できないためであつて，このような非 D 呈色物の多い試料中の D の真値を得るためには操作が多少繁雑でも EWING 法によらざるをえまいと考えた。しかし，われわれの入手できるアルミナをそのまま使用したのでは D の分解をおこし，定量法として採用することができない。そこで著者らはD含量が少く，非 D 呈色物の多い試料中の D を定量するさい，従来法のもつ欠点を改良するため SPF および弱活性化アルミナクロマトグラフ法を組合せた方法について吟味した結果，相当信頼し得る結果をえられるようになつ

* 東海区水産研究所 (Tōkai Reg. Fish. Res. Lab., Chuō-ku, Tokyo, Japan).

** $SbCl_3$ 試薬で呈色し D 定量を妨害する不純物

東海区水産研究所業績 B 第 331 号

たのでここに報告する。著者らの改良法によると A：D の単位の比が 550：1 のものでも定量が可能であり，従来の方法よりすぐれていると思われる。

試　　料

鯨，ヨシキリザメ，大ザメ，カツオ，スケソウの各種肝油を分子蒸溜後メタノール性ソーダで鹸化し，ベンゼンにより不鹸化物を抽出し，不鹸化物よりステロールおよび尿素附加物を除いたものを用いた。また，カツオの幽門垂および腸より採取した油の不鹸化物を試料とした。

試　　薬

1) SPF

SPF は Grade 1 Adsorbent (Reference XV-127), Filtorol Corporation, 3250 East Washington Blvd. Los Angeles 23, California 製品。

これをうすくひろげ 130°C で 1～2 時間乾燥後室温にもどした。この乾燥品を秤量し，これに 10% の水を加えてよくかきまわし均一状態にして使用した。

2) セライト

和光純薬製セライト 545 を用いた。

3) ヘキサン

和光純薬製品を用い 1 回蒸溜して主溜部（63～68°C）を用いた。

4) エーテル

市販一級エーテルを用い結晶硫酸第一鉄と濃硫酸で過酸化物を除去したのち，1 回蒸溜し，主溜部を芒硝で脱水したものを用いた。

5) アルミナ

メルク製吸着用アルミナを水で弱活性化して用いた。

6) 石油エーテル

日本石油製一級品を蒸溜し主溜部（40～60°C）を用いた。

7) クロロホルム

市販一級品を常法により精製して用いるが，精製条件が適当でないと，かえつてホスゲンを発生させるので，特級品をそのまま用いた。

8) 三塩化アンチモン

ヨツハタ化学製最純品をそのまま用いた。

9) 塩化アセチル

関東化学製特級品をそのまま用いた。

10) ビタミン D_2 結晶

市販品をそのまま用いた。$E^{1\%}_{1cm}$ 265mμ (EtOH) 466

実験方法および結果

1. 弱活性化 SPF による D の展開

約 50γ の D_2 に対して弱活性化 SPF は 10g を用いるが，そのまま展開を行うと長時間を要するので沪過助剤としてセライト 2g を均一に混ぜて用いた。

この SPF・セライト吸着層 (22×70 mm) に D_2 を吸着させたのち，ヘキサン・エーテル (5：1) で展開し，elute を 10cc づつに分けて蒸発ののち $SbCl_3$ 試薬反応をしらべた結果 D は最初の 30cc 中にはあらわれず，つぎの 30cc の中にほとんど 100% あらわれることを確めた。

2. 弱活性化 SPF 塩による試料の展

試料の採取法としては，従来法では試料として肝油を 0.2～0.6g 採取している。これはコレステロールを除いた不鹸化物として，せいぜい数 10mg にしか当らない。この程度の量ではD含量が少い場合，$SbCl_3$ 試薬による発色が弱く，発色スペクトルが果してDであるか否かも明らかにすることができない。そこで著者らは濃縮ビタミン油を試料とした場合，これはすでに不鹸化物であるが，約 200mg 採取することにした。

この試料に D_2 50γ を添加し弱活性化 SPF 5g を用い，クロマトを行い，D区画（ヘキサンエーテルで展開，最初の 20cc をすて，つぎの 30cc をとる）をとり，その発色スペクトルを見た。しかし，それでも添加した D の発色は非 D 呈色物に妨害され，500mμ に極大を示さなかつた (Fig. 1 参照)。

しかも，この D 区画の $SbCl_3$ 試薬による呈色は不安定で，その発色値は時間の経過とともに増大する。特にうなぎ肉中より得られた不鹸化物においてはこの傾向が著しく発色後 120 秒後には 15 秒後の発色値の 7 倍にも達した (Fig. 2)。

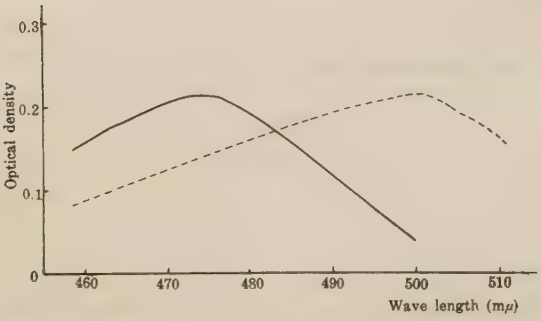


Fig. 1. 濃縮ビタミン油 SPF 通過物 $SbCl_3$ 試薬呈色液の吸収曲線
(···· は D_2 の吸収曲線)
Absorption curves of coloured solution of D_2 and fraction of unsaponifiable matter by elution from SPF (····, D_2).

3. 弱活性展アルミナによる D の展開

D約 50γ を用い各種活性度のアルミナを吸着剤とし 2～6%エーテル・石油エーテル混液およびエーテルを展開剤としてDの回収率を調べた。その結果，Table 1 に見るように 8%以上弱活性化したアルミナを吸着剤とした場合，Dの分解をおこすことなく，よい収量で回収することができた。特に 10% 弱活性化したアルミナにおいてはDの吸着帯の巾が短かく，Dと非D呈色物の分離能が良好であることが予想されたので，今後の実験ではすべてこの 10% 弱活性化アルミナを吸着剤として使用することにした。

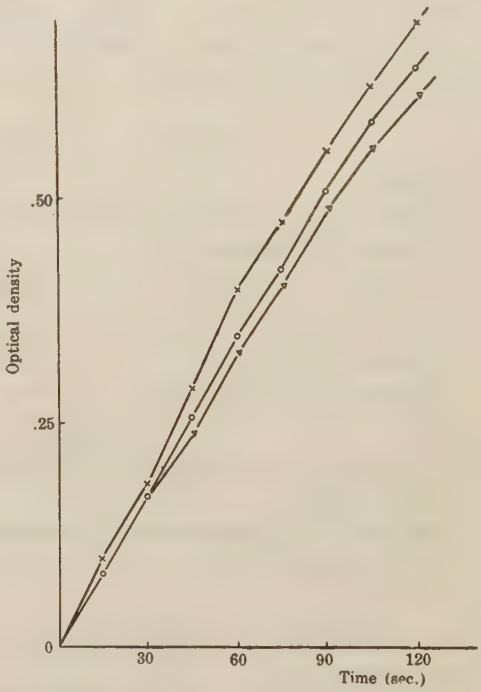
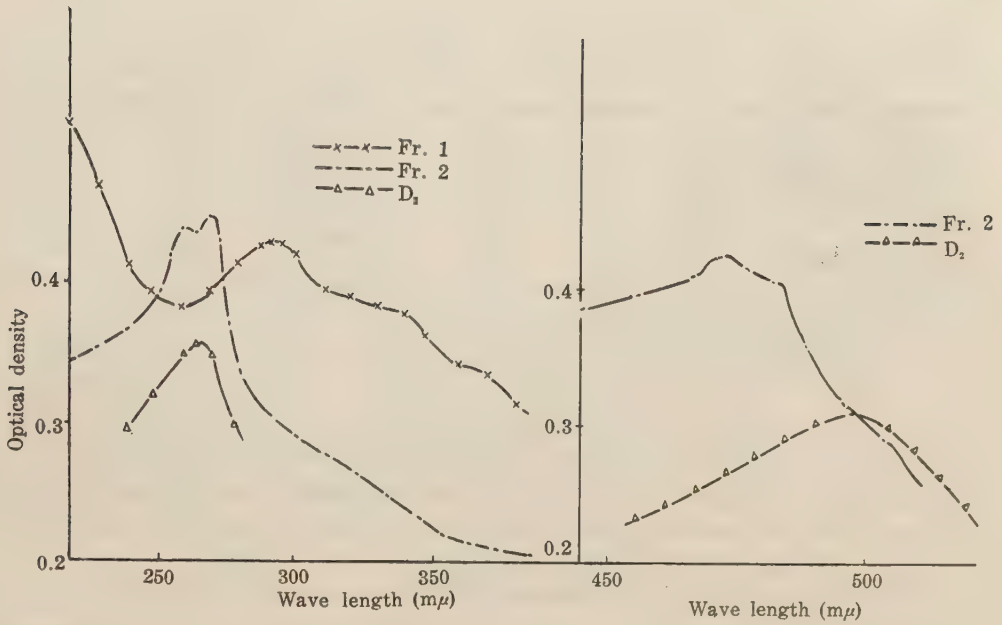


Fig. 2. ウナギ肉不鹸化物 SPF 通過物 $SbCl_3$ 試薬による呈色
Progress curve produced by $SbCl_3$ reagent with unsaponifiable matter of eel flesh after treatment of SPF.
—×—×— 487 mμ
—○—○— 500 mμ
—△—△— 507 mμ

Table 1. 各種活性度のアルミナによる D_2 の回収率
Relation of amount of water in weakened alumina with recovery of D_2.

アルミナの活性度 Water added to alumina	D_2 の回収率 (%) Yield of vitamin D_2	
強活性 Not added	51.0	
3% 弱活性	72.3	
8% 〃	98.8	
10% 〃	108.0	Good result in separation 分離能良好
12% 〃	104.0	



アルミナクロマト区分の紫外吸収曲線
Absorption curves in ultraviolet region.

アルミナクロマト第2区分の
$SbCl_3$ 試薬呈色液の吸収曲線
Absorption curves of coloured solution with $SbCl_3$ of Fr. 2.

Fig. 3. 濃縮ビタミン油 SPF 通過物のアルミナクロマト
Absorption curves of D_2 and fractions of unsaponifiable matter after treatment of SPF by elution from water-weakened alumina.

4. 弱活性化 SPF および弱活性化アルミナによる試料の展開

スケソウ肝油濃縮物を用いてすでに述べたような条件で弱活性化 SPF によるクロマトを行つたのち，さらに Table 2 に示すような条件でアルミナクロマトを行つた。各 Fr. の紫外および $SbCl_3$ 試薬呈色液のスペクトルを見ると Fig. 3 のようになる。第2区分はその紫外スペクトルの形から見てルミステロールに酷似しているが，Dを検出することができなかつたので，さらにアルミナクロマトを細かに行うことにした。

Table 2. 弱活性化アルミナによる濃縮ビタミン油 (SPF 通過物) のクロマトグラフ (その1)
Alumina chromatography of concentrated vitamin oil after treatment with Superfiltrol (SPF)—(1)

Fr.* No.	展開溶剤 Solvent for elution	
	種類 Kinds of solvent	容量 (cc) Volume of filtrates
1	2% Ether/Light petroleum	30
2	6% Ether/Light petroleum	20

* Fraction Nos. 1 and 2 refer to those in Fig. 3.

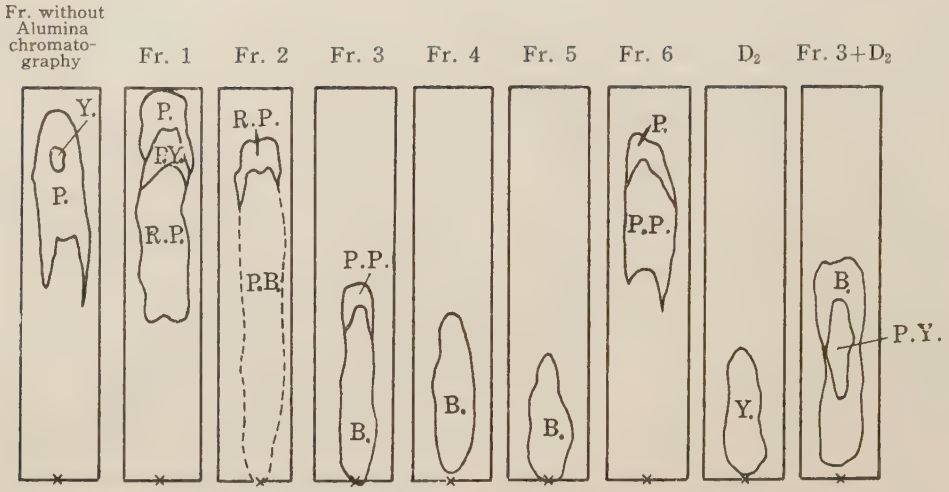
5. ペーパークロマトグラフによる D の検出

スケソウ肝油濃縮物の SPF 通過物を用い，Table 3 に示す条件でアルミナクロマトを行い，その各区

Table 3. 弱活性化アルミナによる濃縮ビタミン油 (SPF 通過物) のクロマトグラフ(その2)
Grouped alumina chromatography of concentrated vitamin oil after treatment with SPF—(2).

Fr. No.*	展開溶剤 Solvent for elution		
	種類 Kinds of solvent	容量 (cc) Volume of filtrates	
1	2% Ether/Light petroleum	10	Group 1
2	〃	10	
3	〃	10	Group 2
4	〃	10	
5	6% Ether/Light petroleum	10	
6	Ether	10	Group 3

* Fraction numbers refer to Figs. 4 and 5.



P: Purple, PP: Pale purple, RP: Redish purple, Y: Yellow, B: Blue, PB: Pale blue

Fig. 4. 沪紙クロマトによる各アルミナクロマト区分の展開
Paper chromatography of each fraction filtrated on alumina chromatography.

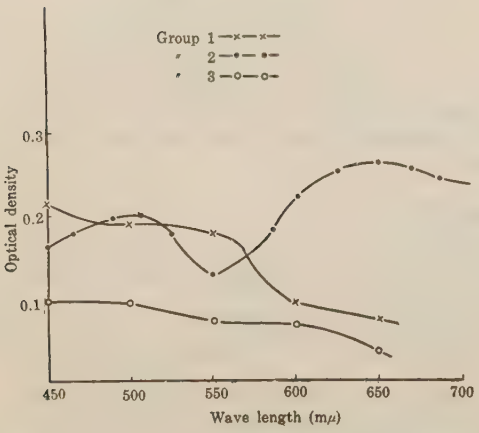


Fig. 5. アルミナクロマト区分の $SbCl_3$ 試薬呈色液の吸収曲線
Absorption curve of coloured solution of fraction groups of unsaponifiable matter after treatment of SPF by elution from water-weakened alumina.

分についてペーパークロマトを行つた。すなわち，各区分を Ca 沪紙* に spot し，石油エーテルで上昇展開を行い，$SbCl_3$ 試薬で spray し発色位置，状態を見た (Fig. 4)。試料を spot する量が適当でなかつたためか，テーリングが起り，正確な Rf を求めることは困難であつたが D の検出範囲は Rf 0.02～0.33で黄色を呈した。また，Fr. 3, 4, 5 には，ほぼ同じ範囲に spot を認めたが，その呈色は青色で，D を混じて展開，発色させても spot は重なつて2つに分離しなかつた。

Fr. 1, 2 と Fr. 3, 4, 5 と Fr. 6 の3つの群にあらためて分け，それぞれの $SbCl_3$ 試薬による呈色液のスペクトルを見ると Fig. 5 のようになる。すなわち，Ca 沪紙上では第2群の中に含まれる黄色を呈する D と青色を呈する物質とを分離することができなかつたがスペクトルの上では，はつきり分離することができた。

6. 定量操作

以上述べたように，弱活性化 SPF および弱活性化アルミナを使用することにより，D と非 D 呈色物とを分離することができたので，つぎのように定量操作を定めた。

試料を一定量とり，ヘキサン・エーテル (5：1) にとかし，弱活性化 SPF・セライト吸着層 (22×70 mm) を通し，ヘキサン・エーテルで展開し，最初の 30 cc をすて，つぎの溶出部 30 cc を D 画分としてとる。溶剤を蒸発したのち，少量の石油エーテルにとかし，第2段のアルミナクロマト操作にうつる。

---

* 東洋沪紙 No. 50 を用い BUKIN[4], 鈴木[5] らの調製法にしたがつて処理した。処理液として燐酸カルシウム溶液を用いた。

すなわち，試料溶液を弱活性化アルミナ吸着層 (10×120 mm) に通し，2% エーテル・石油エーテルで展開し，最初の 20cc をすて，さらに同混合液 20cc と 6% エーテル・石油エーテル液 20cc で展開し，D 画分とする。溶剤を蒸発したのち，$CHCl_3$ の一定量にとかし，その 0.3cc に $SbCl_3$ 試薬* 3.0cc を加え，混和後 1 分の値を分光光度計 (500 mμ, 1 cm) で読む。

ただし，最初 SPF にかける試料中の D 量が 100γ をこえないようにする。このため，試料の採取量が少くなつたとき SPF 量もそれに応じて少くした方がよい。

7. 定量結果の補正法

上述の操作によつた定量結果は従来の方法による結果に比較すれば非常に D の真値に近いが，試料の種類によつては D 区分には D 定量値におよぼす不純物が相当含まれるため，なお過大値が得られる懸念がある。この不純物による誤りの補正を行うためビタミン A 定量のさいに行う MORTON・STUBBS の方法[6]に準じてつぎに述べる補正法を行つた。

著者らは純 D_2 の $SbCl_3$ 試薬による呈色液を用い多数の測定を行つた結果，吸収極大は 500 mμ，その極大値の 6/7 の吸光度をホす点は 490 mμ, 508 mμ であることを知り得たので，試料の測定の時，常にこれらの波長を選ぶことにした。この波長範囲における非 D 呈色物による発色スペクトルが直線であると仮定すれば，補正係数 (f) すなわち $\frac{D_{500}}{E_{500}}$ はつぎの式によつて求められる。

$$f = 7 - 3.11 \times \frac{E_{490}}{E_{500}} - 3.89 \times \frac{E_{508}}{E_{500}}$$

ただし E_{500} は 500 mμ における補正吸光度，E_{490} は 490 mμ における見かけの吸光度である。

測 定 例

試料: スケソウ肝油濃縮物，A 含量 81.7 万単位，206 mg を採取，上述の定量操作により SPF およびアルミナクロマトを行う。D 相当区画の展開液を蒸発し $CHCl_3$ 6cc にとかす。$SbCl_3$ 試薬で発色せしめ，波長 490, 500 および 508 mμ における 60″～90″ 値を測定する。

$$\text{D量} = \frac{R \times k \times d}{W}$$

ただし　R = 分光光度計のよみ
k = 上記のよみを試料 1g 中に含まれる D の γ 数になおすための係数
d = 稀釈倍数
W = 供試試料の重量

すなわち

$$\text{D 量} \frac{0.255 \times 60.8 \times 6}{0.206} = 398\gamma/\text{g}$$
$$\fallingdotseq 16{,}000\ \text{I.U./g}$$

$$\text{補正 D 量} = 16{,}000\ \text{I.U./g} \times f$$
$$= 16{,}000\ \text{I.U./g} \times 0.58$$
$$= 9{,}200\ \text{I.U./g}$$

8. 本法と従来法による D 定量値の比較

Table 4 に示すように，本法と従来法によるおのおのの値には相当の相違が認められるが，本法による値は $SbCl_3$ 試薬呈色液のスペクトルあるいはペーパークロマトで検出したものが純 D の呈色スペクトルと一致することを確認してある。

また著者らの使用した試料は大部分，分子蒸溜油を購入してこれを原料としたため，得られた不鹸化物中の D 単位を直ちに油中の単位に換算することができない。そこで Table 4 においては各試料について，肝油中の A 単位を推定し，D は分子蒸溜およびその後の鹸化濃縮操作中，A とともに濃縮されるものと仮定

* 200 mg/cc $SbCl_3$-クロロホルム液 20cc に塩化アセチル 0.4cc を加える。

Table 4. 本法と従来法との濃縮ビタミン油中の D 定量値の比較
Comparison of vitamin D obtained by the usual and proposed methods.

種類 Kind of material	A ×10^4 I.U./g	D 本法 Proposed method	D 従来法 Usual method	D 文献値 Reference value in oil	A/D I.U.
カツオ Skipjack liver oil	Obs. 52.5	1,580,000	1,880,000	25,000～	0.3
	Ass.	121,000	143,000	250,000	
鯨 Whale liver oil	Obs. 114.0	35,400	116,000	—	3.2
	Ass.	930	3,500		
カツオ幽門垂 Skipjack pyloric caeca	Obs. 10.9	47,000	255,000	—	2.3
	Ass.	4,610	25,000		
カツオ腸 Skipjack intestine	Obs. 7.5	168,800	304,000	—	0.4
	Ass.	26,100	47,000		
スケソウ Pollack liver oil	Obs. 81.7	9,200	145,000	100	90
	Ass.	35	2,100		
ヨシキリ Great blue shark liver oil	Obs. 78.8	1,440	0	0～60	550
	Ass.	120			
大ザメ Shark liver oil	Obs. 89.0	2,550	35,200		350
	Ass.	140	1,980		

Obs: 実測値 Observed value　　Ass: 油中に換算した推定値 Assumed value in oil

て肝油中の D 単位を推定した。

従来，Dによる $SbCl_3$ 試薬発色を妨害するものとしては A の存在が主として問題とされている。著者らの研究結果によれば，ヂギトニンやメタノールによつて除去できない不純物も A の分解物と同様に発色を妨害するように思われる。

SPF は A と D との分離の目的には好適な吸着剤であるが D に比して A の著しく多いものや，A 以外に $SbCl_3$ 試薬により発色する種々の非D呈色物の存在するもの，たとえば濃縮ビタミン油や水産動物組織中の D を定量するときにはこの SPF とアルミナを併用しなければならない。

各種の試料についてD画分の発色スペクトルを図示すると Fig. 6 のようになり，この波長 625 および 500 mμ における呈色比と A：D 比および補正に使用した f 値との関係を表示すると Table 5 のようになる。これによると，概して A：D 比の大きいもの程呈色比が大きく f 値が小さい傾向がある。

Table 5. D画分のスペクトルと補正係数
Comparison of spectral property and correction factor.

種類 Kind of material	A：D ratio (γ)	A：D ratio (I.U.)	呈色比 625 mμ/500 mμ	補正係数 f
カツオ Skipjack liver oil	4	0.3	0.04	0.85
鯨 Whale liver oil	38	3.2	0.35	0.31
カツオ幽門垂 Skipjack pyloric caeca	28	2.3	0.03	0.90
カツオ腸 Skipjack intestine	5	0.4	0.11	1.05
スケソウ Pollack liver oil	1,100	90	1.40	0.58
ヨシキリ Great blue shark liver oil	6,600	550	1.30	0.15
大ザメ Shark liver oil	4,200	350	1.50	0.29

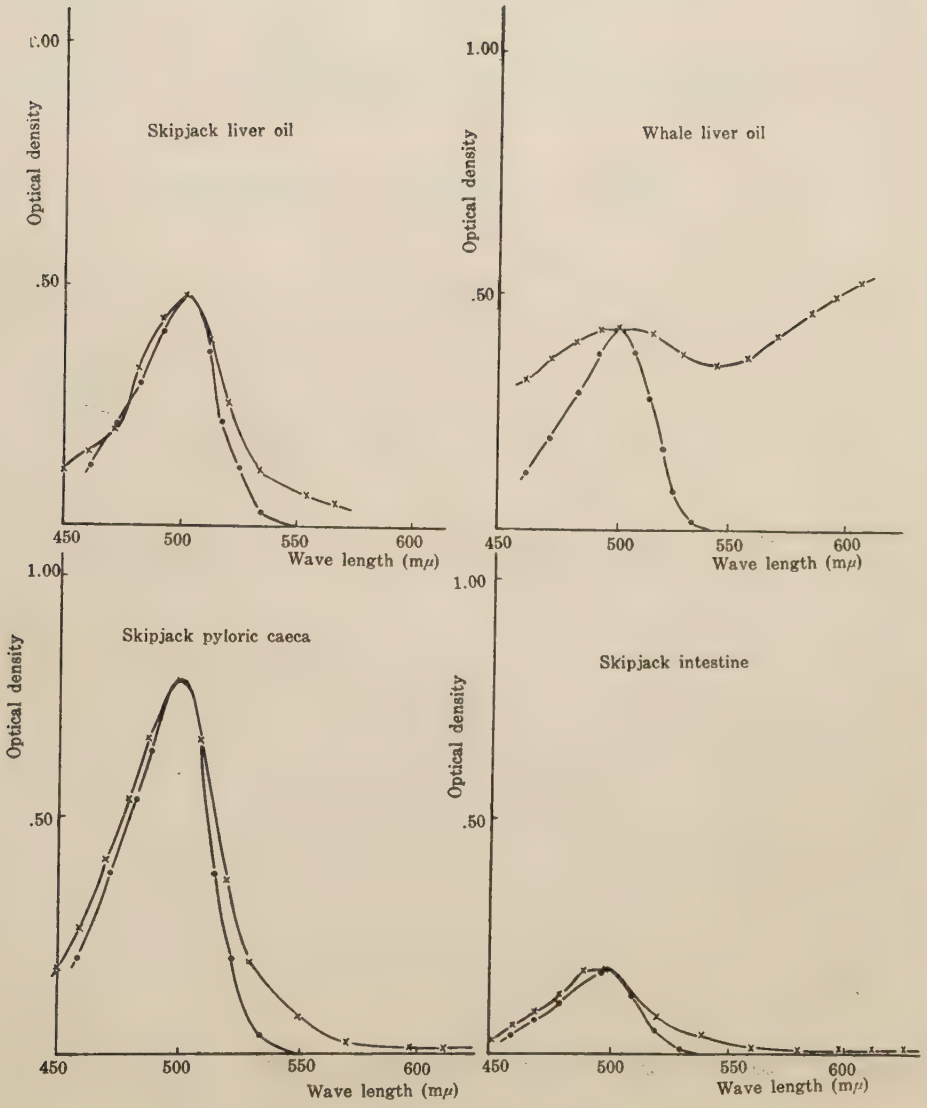
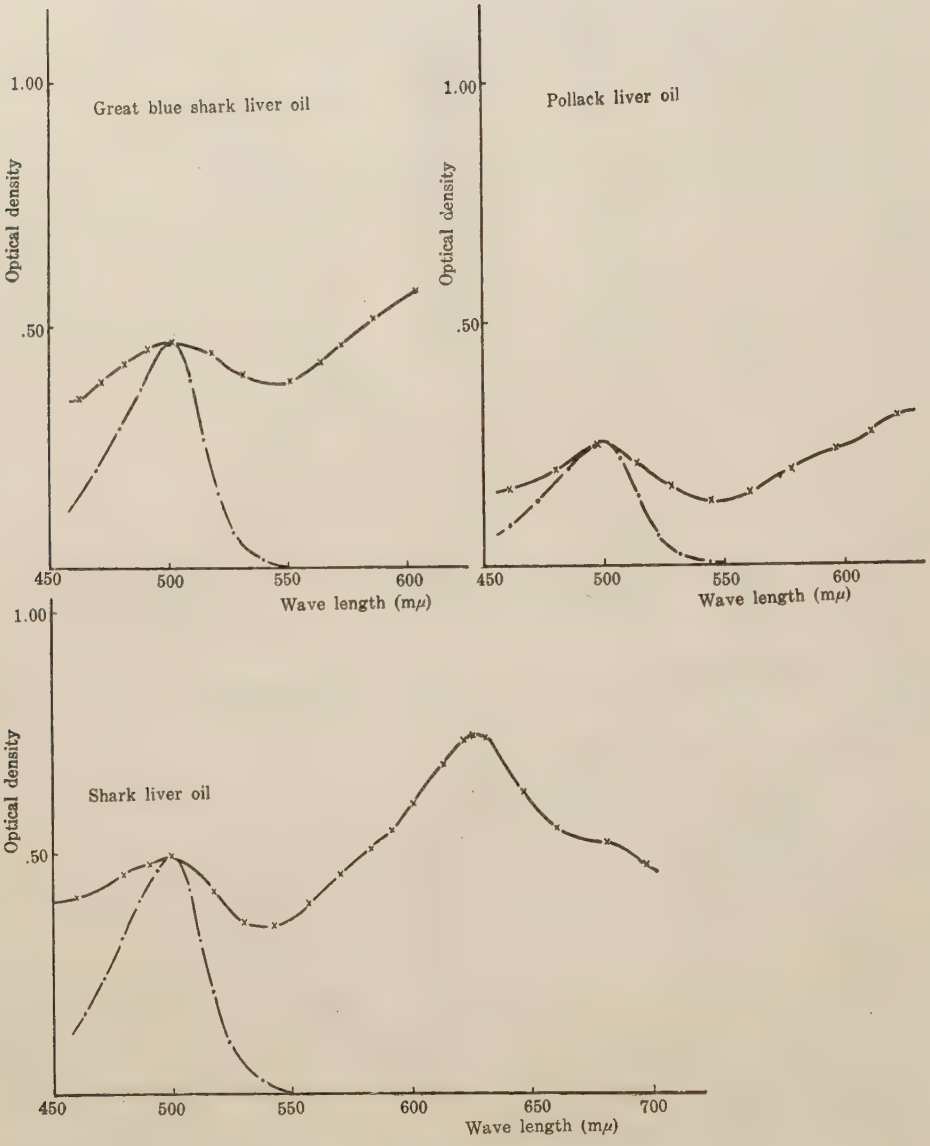


Fig. 6. 各試料 D
Absorption curve of each fraction containing D



区分のスペクトル

in samples from various material. (—·—·—, D_2)

本法は2段にクロマトを行う方法なので操作に 6～7 時間を要する。定量値の正確さを期するには現在のところ，多少の繁雑さは止むを得ないと思う。

摘　　要

水産動物油中のビタミン D を理化学的に定量する方法について研究し，従来のクロマトグラフによる D 定量法の改良を試みた。

その結果，A，ステロール類等の非 D 呈色物を多く含む試料中の D 定量のさいには，SPF およびアルミナを吸剤とする二重クロマトを行う必要があり，更に $SbCl_3$ 試薬による呈色液の吸光比を求める場合，補正をしなければならないことを提案した。

本研究に当り終始御懇篤なる御指導を賜つた東秀雄博士に謹んで感謝の意を表する。

文　　献

1) EWING, D. T., SCHLABACH, T. D. and POWELL, M. T.: *Anal. Chem.*, **26**, 1406 (1954).
2) 沼田克彦: ビタミン, **11**, 361 (1956).
3) 沼田克彦: ビタミン, **11**, 444 (1956).
4) BUKIN, W. N., OARKINA, I. N.: *Nahrung*, **4**, 357 (1958).
5) 鈴木隆雄: ビタミン, **13**, 212 (1957).
6) MOSTON, R. A,, STUBBS, A. L.: *J. Biochem.*, **41**, 525 (1947): *Ibid.*, **42**, 195 (1948).

γ線を照射した水産食品に含まれる油脂の性状について—II.

包装材の差による油脂の変敗度の相違

金田尚志・石井清之助・酒井寿恵

(1960 年 5 月 10 日受理)

CHEMICAL PROPERTIES OF OILS IN GAMMA-RADIATED FISH MEAT AND PRODUCTS—PART II. DIFFERENCE OF PROPERTIES OF THE OIL BY VARIOUS PACKING FILMS

Takashi Kaneda, Seinosuke Ishii and Hisae Sakai*

The authors studied about the oil contained in gamma-irradiated fish meat. The results obtained were as follows:

(1) The grade of oxidation of oil in irradiated meat was influenced by source. When the source of irradiation was weak or far from sample meat, the oil was oxidized to a greater extent than in using of strong source (Table 1).

(2) Oils in irradiated fish meat was fairly prevented from oxidation by subjecting the samples, before irradiation, to vacuum packing, instilment of CO_2, or immersion in ascorbic acid solution (Table 2).

(3) The grade of oxidation of oils in irradiated fish meat was different by kinds of packing film. Films made from polyvinyliden chloride, Polycello (polyethylen laminated with cellophane) or rubber hydrochloride showed better results than polyethylen film (Table 3).

I. 緒　　言

本研究の第 I 報[1] において筆者等は γ線を照射した魚肉および魚肉ソーセージ含有油の性状について検討したが，その際，単なる照射では油脂含量の多い魚肉は含有油の酸敗を起すほか，変色，照射臭を生じ，食用となし得ないことを報じた。

第 I 報に報じた試験は線源として用いた Co^{60} の線量が弱く (400 キューリー)，したがつて照射に長時間を要したため，照射中に魚肉の腐敗が進行したように思われ，これが一層結果を悪くしたと考えられた。その後東海区水産研の Co^{60} は 1500 キューリーにまでふやされたので，短時間照射が可能となつた。そこでまず照射時間の差，すなわち，魚肉の腐敗程度と含有油の変化との関係について検討を行つた。すなわち，線源よりの距離を変えて 5 時間より 48 時間にわたり照射したところ 24 時間を過ぎると急激に含有油の酸化が進むことを認めた。また生鮮魚肉にふくまれている酵素の含有油に対する影響を検討するため煮熟肉と生魚肉を同時に照射し比較したが，両者の差は僅かであつた。

第 I 報において抗酸化剤を添加したマグロは変色は起るが，含有油脂の酸化はかなり防止されることを認めたが，さらに炭酸ガス注入およびアスコルビン酸浸漬を行つたところ，変色は前試験同様防げなかつたが含有油については未処理のものに較べ好結果を得た。またサケ肉変色防止について調べたところ，亜硝酸ソーダの稀薄溶液に浸漬後照射すると多少の効果があることが認められた。

* 東海区水産研究所 (Tokai Reg. Fish. Res. Lab.).

東海区水産研究所業績 B 332 号

以上の試験はいずれもポリエチレンの袋に試料魚肉を入れて行つたが，ポリエチレンの通気性から考え，多脂肪魚肉の包装材料としては不充分と思われた。そこで包装材料の差による照射魚肉含有油の性状を見たところ，ポリビニリデンクロライド，ポリセロ，塩酸ゴム等はいずれもポリエチレンよりも好結果を得，とくに減圧ないし炭酸ガスを注入したものは一層良いことを認めた。

II. 実 験 の 部

実験 1. 照射時間の差によるサケ肉含有油の性状：北洋産冷凍シロザケの肉を厚さ 1cm，縦 4cm，横 5cm に切り，ポリエチレンの袋に詰め，口を加熱シールして線源 (Co^{60} 1500 キュリー) のまわりに衝立状に並べた。線源よりの距離は 6～19cm であり，照射時の室温は 9°C であつた。照射終了後直ちにサケ肉中の揮発性塩基を定量するとともに照射肉を細切し，脱水芒硝と煉り精製エーテルを用いて粗脂肪を分離しその性状を見た。得られた結果は Table 1 のごとくである。

Table 1. Properties of oil in irradiated salmon meat.
第 1 表　サ ケ 肉 照 射 結 果

Sample Number 試料番号	Distance from source 線源よりの距離 (cm)	Duration (hours) 照射時間	Dose 照射量	Volatile base in meat 揮発性塩基窒素	Properties of oils 油脂の性状					
					Acid value 酸価	Iodine value 沃素価	Sap. value 鹸化価	Peroxide value 過酸化物価	Carbonyl[2] (Micromol/g) カーボニル化合物 飽和	Carbonyl[2] (Micromol/g) カーボニル化合物 不飽和
			γ	mg%				(M.M./kg)		
1	—	0	None	21.52	6.5	126.92	180.92	43	4.35	0.22
2	6	5	2×10^6	18.83	6.3	129.26	184.34	67	1.29	—
3	13.5	24	〃	20.68	7.1	131.86	183.87	85	—	0.92
4	19	48	〃	29.75	5.8	120.34	—	162	0.14	0.2

照射後の状態を見るにサケ肉は第 I 報に報じたクロマグロ肉のごとく暗褐色に変色することはなかつたがシロザケ特有のサーモンピンクは消失し，淡黄色となつた。また 200 万レントゲンの照射に 48 時間を要したものは揮発性塩基が 24 時間照射のものに較べ，それほど増加していないにかかわらず，過酸化物価は 2 倍近くまで上昇した。

実験 2. 抗酸化処理照射時のサケ肉含有油の性状：実験 1 に使用したサケ肉と同一のものを用いた。サケ肉含有油の変敗を防止するためサケ肉を詰めたポリエチレンの袋に炭酸ガス注入を行つた。また照射前サケ肉を 1% アスコルビン酸水溶液に 20 分浸漬したものについても試験した。なお本試験は照射中における腐敗を防止するために凍結したまま照射した。照射量は 200 万レントゲンで照射に要した時間は 24 時間である。照射終了後前試験同様にして粗脂肪を分ち，その性状を見たところ Table 2 の結果が得られた。

Table 2. Properties of oil in irradiated salmon meat treated with antioxidant.
第 2 表　抗酸化処理照射サケ肉油の性状

Sample Number 試料番号	Doses 照射量	Treatment 処理法	Duration (hours) 照射時間	Acid value 酸価	Iodine value 沃素価	Sap. value 鹸化価	Peroxide value 過酸化物価	Carbonyl (Micromol/g) カーボニル化合物 飽和	Carbonyl (Micromol/g) カーボニル化合物 不飽和
	γ						(M.M./kg)		
1	None	—	0	4.6	129.30	182.89	27	5.8	—
2	2×10^6	None 未処理	24	5.7	121.87	180.57	107	0.28	1.99
3	〃	Instilment of CO_2 炭酸ガス注入	24	6.8	129.16	189.86	78	—	—
4	〃	Immersion in ascorbic acid アスコルビン酸浸漬	24	5.1	125.58	183.79	66	1.14	1.23

照射サケ肉はいずれも前試験同様褪色し淡黄色となつたが，炭酸ガス注入ないしアスコルビン酸浸漬等の処理を行つたものは未処理のものに比較し含有油の変敗程度が少いことを認めた。

実験 3. 包装材料の差によるメバチ肉含有油の性状: 今までに行つた試験の結果，ポリエチレンフィルム包装による魚肉貯蔵は炭酸ガス注入ないし魚肉に抗酸化剤を添加することにより魚肉含有油の変敗をかなり防止し得ることを認めたが，完全とはいい難い。そこでポリエチレンより通気性の少い包装材を用い，その効果を検討した。すなわち，ポリビニリデンクロライド（商品名クレハロン），ポリセロ，塩酸ゴム（商品名ライファン）等の袋を用いて試験を行つた。またこの際同時に炭酸ガスの注入ないし真空にした場合についても比較試験した。

試料としてはメバチ肉を用い，これを前試験同様の大きさに切り，おのおの袋に詰め，口を綿糸で緊縛した。200 万レントゲンを 20 時間で照射し，室温は 3°C に調節した。得られた結果は Table 3 のごとくである。

Table 3. Difference of the properties of oil in irradiated bigeye tuna meat by packing films.

第 3 表 包装材料の差によるメバチ含有油の性状

Packing film 包装材名	Treatment 処理法	Acid value 酸価	Iodine value 沃素価	Sap. value 鹸化価	Peroxide value 過酸化物価	Reichert-meissl value ライヘルトマイスル価	Polenske value ポレンスケ価	Carbonyl (Micromol/g) カーボニル化合物 飽和	Carbonyl (Micromol/g) カーボニル化合物 不飽和
Original bigeye tuna meat 原材料	—	3.5	156.56	184.69	M.M./kg 25	0.4	0.5	0.76	1.86
Polyethylen ポリエチレン	None 無処理	2.6	153.58	189.94	57	0.3	0.4	9.36	11.05
	Vacuum 真空	3.8	155.74	188.32	48	0.6	0.7	1.37	0.77
	Instilment of CO_2 炭酸ガス注入	4.9	153.21	188.75	73	0.7	0.7	3.09	4.10
Polyvinyliden chloride ポリビニリデンクロライド	None 無処理	3.1	154.57	186.44	35	0.7	1.5	3.54	3.02
	Vacuum 真空	2.7	153.73	186.15	20	0.6	2.2	3.64	5.0
	Instilment of CO_2 炭酸ガス注入	2.8	152.08	187.19	20	0.3	0.7	0.45	0.76
Polycello ポリセロ	None 無処理	6.3	156.81	188.14	49	0.6	1.1	0.91	1.04
	Vacuum 真空	3.8	156.12	190.85	23	0.6	1.4	0.19	1.82
	Instilment of CO_2 炭酸ガス注入	2.7	151.96	186.29	37	0.8	0.4	1.16	4.83
Rubber hydrochloride 塩酸ゴム	None 無処理	3.6	152.78	184.94	25	0.8	0.5	1.18	—
	Vacuum 真空	3.1	156.56	189.19	25	0.8	0.6	1.11	1.44
	Instilment of CO_2 炭酸ガス注入	4.5	151.44	188.14	48	0.8	1.0	1.43	2.44

本結果を見るにクレハロン，ポリセロおよびライファンで包装したものは従来用いていたポリエチレンよりもはるかに油脂の変敗が少いことを認めた。

III. 考　　察

以上の結果より考察するにγ線照射時の魚肉中の油脂の変敗度は包装材料によりかなり異ることが判る。

また真空包装ないし不活性ガスの注入は一層変敗を防止する。しかし，現在までに筆者等が行つた試験の範囲内では色のある魚肉はいずれも変色が大であるため，この問題を解決することなしには実用化は困難と思われる。

IV. 摘　　要

Co^{60} を線源として，サケ，メバチ肉に γ 線を照射しつぎの結果を得た。

（1） 線源よりの距離が遠かつたり，弱い線源を用いて長時間照射を行うと，強い線源で短時間照射した場合よりも魚肉含有油の変敗が著しい。

（2） 真空包装，炭酸ガス注入あるいは魚肉を照射前にアスコルビン酸溶液に浸漬すると魚肉含有油の変敗はかなり抑えられる。

（3） 包装材の種類により油脂の変敗度には差があり，ポリビニリデンクロライド，ポリセロ，塩酸ゴム膜等はポリエチレンよりも良好である。

本研究を行うにあたり，原稿の校閲を賜わつた東海水研利用部長　東秀雄博士，γ 線を照射された東海水研　山田金次郎技官に謝意を表する。

文　　献

1) 金田，酒井，石井：日水誌 **24**, 909 (1959)
2) A.S. Henick, M.F. Benca and J.H. Mitchell: J. Am. Oil. Chem. Soc. **31**, 88 (1954)

多脂肪魚を原料とした節類の脱脂について

金田尚志・金子徳五郎・梅本　滋
石井清之助・酒井寿恵

日本水産学会誌
第二十六巻　第十二号　別冊
昭和三十五年十二月二十五日発行

Reprinted from Bulletin of
the Japanese Society of Scientific Fisheries
Vol. 25, No. 12, December 1960.

多脂肪魚を原料とした節類の脱脂について

金田尚志・金子徳五郎・梅本　滋
石井清之助・酒井寿恵

(1960 年 8 月 12 日受理)

A METHOD FOR REMOVING OILS FROM OILY "KATSUOBUSHI" AND OTHER DRIED STRIPS.

Takashi KANEDA, Tokugoro KANEKO*, Shigeru UMEMOTO**
Seinosuke ISHII and Hisae SAKAI*

"Katsuobushi" is a dried strip prepared from skipjack, *Katsuwonus pelamis* (LINNE). It is frequently used for a broth of Japanese style soups. However, sometimes when it contains an amount of oil originated from raw material, the product is not regarded to have a high quality. It is also the case with dried strips from sardine, mackerel and saury that contain oils.

With a view to improving the quality of these products, the authors carried out the extraction of oils from dried strips with *n*-hexane. After extraction of oils, the products were found very much improved in property as indicated tn tables, figures and plates. The soup prepared from the treated material became clear and showed a better taste than that from non-extracted one.

I. 緒　　言

日本各地で製造されているかつお節の品質は地域的にかなりの差があることはよく知られた事実である。この品質の差は製造地における技術の差に由来する点ももちろんあるが，一番大きな理由は全国各地で水揚げされるカツオの含油量に差があるということである。すなわち，餌を求めて北上するカツオの群は北に向うにつれ多くの餌を摂るため体は肥満し油がのつてくる。そのため，油の少い原料を使用することが多いサツマ節，土佐節などは良質である。一方，含油量の多いカツオを主として原料に用いることを余儀なくされている三陸節はいわゆる油節となりやすく，こうしたものは出汁がきかず，時には含有油の変敗により出汁は不味となる。

また最近各種の雑節を原料とする削り節が消費者の嗜好に合い，かなり製造されるようになつたが，削り節原料とされるサバ，サンマ，ソーダガツオ，イワシなどは含油量の多い時期が長い。そのため多脂肪魚を原料とした節からつくつた削り節は 1 カ月もたたないうちに油焼けを生じ，花は赤褐色を呈し，またたとえ焼けを生じていない時でも味は悪い。

現在こうした悪変の防止法として，かつお節については油ののつたカツオを極力使用しないこと，また油を含んだものの場合は油が体の表面近くにあるのでこの部分を削りおとして使用している。また雑節についてはイワシ，サバ等は何等の処置も施さないで製造しているが，サンマの場合はジュール熱を応用して加熱し，この際同時に圧搾を行なつて脱脂している。しかし多脂肪魚を原料としたかつお節の場合，たとえ油の多い部分を削りおとしても良い原料から製造した節にくらべるとその品質はかなり劣る。また圧搾サンマはかなり脱脂されているが，圧搾時に油とともに旨味も抜けてしまい良い削り節とすることができない。

* 東海区水産研究所 (Tokai Reg. Fish. Reg. Lab.).
** 東北海区水産研究所 (Tohoku Reg. Fish. Res. Lab.)
東海区水産研究所業績 B 337 号　　東北海区水産研究所業績 154 号

筆者等のうちの2人はさきに多脂肪カタクチイワシから煮干を製造する際の脱脂法について報告したが[1]，こうした考え方を多脂肪魚を原料とした節類についても応用してみようと思つた。すなわち，節類の製造中ないし製了後溶剤を用いて脱脂を行なうことによつて，油脂含量少く，したがつて油焼けを起さず，美味な出汁の得られる節の製造を試みた。

そこでまずかつお節については1番火終了後の荒節を *n*-ヘキサンで粗脂肪を分ち，以後在来法と同様に処理して本枯節とした。この節は処理法を誤らなければ適当に脱脂され，商品としての価値を向上させることができた。またイワシ，サバ，サンマ等の雑節については乾燥品をヘキサンで抽出処理した後，削つたところ脱脂しなかつたものにくらべて，花は粉末とならず，油焼けも生ぜず，また澄んだ美味な出汁が得られ，本法は十分実用的な価値があることを認めた。

II. 実 験 の 部

1. 脱脂かつお節の製造: 塩釜産かめ節（1番火終了のもの）を *n*-ヘキサン中に浸漬脱脂し，以後常法によつて本枯節とした。使用した原料魚の漁獲位置，かつお節製造過程等は Table 1 のごとくである。

Table 1. Data of "Katsuobushi" making process.
第1表 原料処理過程

Sample No. 試料 No.	Date of catch 漁獲月日	Fishing places 漁場	Date of landing 水揚月日	Date of preparation 生処理月日	Date of smaking 焙乾月日	Date of molding カビ付月日	Date of finish 製了月日
I	May, 22～29, 1959	N 34～35° E 146～149°	May, 31	Jun., 1	Jun., 3～	Jul., 4～	Sep., 28
II	Jun., 29～Jul., 1. 1959	N 36° E 141°	Jul., 2	Jul., 3	Jul., 5～	Aug., 25～	〃 28

試料 No. I の原料魚体については体長，体重等を測定し得なかつたが，体重は2kg 前後とのことであつた。また No. II の試料は体長 51 cm，体重 2.6 kg のものである。これ等はいずれも半身を脱脂し，他の半身は従来法でかつお節とした。

脱脂量，製品の粗脂肪含量は Table 2 のごとくである。

Table 2. The properties os "Katsuobushi" after solvent extraction.
第2表 脱脂および未脱脂かつお節の性状

Sample No. 試料 No.		Wt. of raw Katsuobushi before extraction (g) 脱脂前なまり節重量 (g)	Wt. of extracted oil (g) 脱脂量 (g)	Katsuobushi 本枯節 Wt. of Katsuobushi (g) 節重量 (g)	Moisture (%) 水分(%)	Crude oil (%) 粗脂肪(%)
I	I-1 (Extracted)	415	18.4	230	13.8	10.5
	I-2 (Control)		—	250	14.6	20.1
	I-3 (Extracted)	240	6.9	145	12.0	7.2
	I-4 (Control)		—	170	14.0	15.6
II	II-1 (Extracted)	460	21.9	230	12.0	12.6
	II-2 (Control)		—	260	11.0	20.0

すなわち，ヘキサン抽出によつて製品の含油量は未脱脂のものにくらべ大略半分となつた。試料 No. I は塩釜地方で油節と称されるもので，脱脂節は未脱脂のものにくらべ品質ははるかに良好となつた。カビの発育具合いは脱脂処理を行なつてもあまり変りないが，脱脂したものは早くかつお節らしくなり，2番カビをつけた際，未脱脂のものの3番カビと同程度の枯れ具合いを示していた。ただし，油節製品にみられる皮付部分の表皮の皺ないし剝離については脱脂節も完全とはいい難い点があり，無油物に比較するとやや劣る

ものがあつた。脱脂節および従来法による製品を業者が評価した結果は Table 3 のごとくであつた。

すなわち脱脂処理によつて価格をかなり高めることができるように思われる。しかし脱脂処理によつて製品はしまり，脱脂した油脂の量だけの重量が減り，脱脂操作に費用を要するので，これらの点については充分留意の必要があろう。

Table 3. Prices of "Katsuobushi" after solvent extraction
第 3 表 脱 脂 節 の 価 格

Sample No. 試料 No.	Oil extraction trertment 処 理 法	Price (Yen per 37.5 kg) 価格(37.5 kg 当り)円
I	脱脂 Applied	10,000
	対照 Not applied	6,500
II	脱脂 Applied	11,000
	対照 Not applied	8,000

なお脱脂処理によるかつお節中のエキス分の変化について一応比較検討した。すなわち，脱脂および未脱脂かつお節を削り，3倍量の 80% エタノールを加え，80°C で3回抽出をくりかえし，抽出液は合して減圧濃縮，更に無水エタノールを加え減圧濃縮，エーテルで粗脂肪を分ち，残存するエキス分を秤量した。その結果，未脱脂節のエキス量は 12.20%，脱脂節は 11.70% で両者の間の差はほとんど認められなかつた。またエキス中に含まれる各種成分が消失していないかどうかを知るためペーパー・クロマトグラフィーによる定性を行なつた。すなわち，No. II の脱脂および未脱脂節を用い，背肉および腹内の部分が均一になるように削り，これを江崎等の方法[2] によりエキスを分離した。すなわち，90°C の熱水中に削つた節を投入し，沸騰直前まで加熱して火から下ろし，上澄液を沪別，減圧濃縮して得たエキスを試料とした。ペーパー・クロマトグラフィーに当つては東洋沪紙 No. 50 (40×40 cm) を用い，試料エキスは水溶液とし，その 0.01 cc を使用した (0.01 cc 中 0.5 mg のエキスを含む)。第1次元展開はフェノール，アンモニヤ溶媒を用い，30°C の恒温器中に 22 時間保ち，第2次元展開はブタノール，酢酸，水 (4 : 1 : 2) 溶媒を用い，前記同様の恒温器中に8時間保つた。発色は 0.2% ニンヒドリン・ブタノール溶液によつた。なおアミノ酸の同定はエキス中に含まれると思われるアミノ酸を添加同定した。得られた結果は Fig. 1 に示すように，かつお節含有エキスは脱脂処理を受けても変化していない。なお同定したエキス中のアミノ酸はヒスチヂン，アラニン，チロシン，グリシン，グルタミン酸，アスパラギン酸等である。

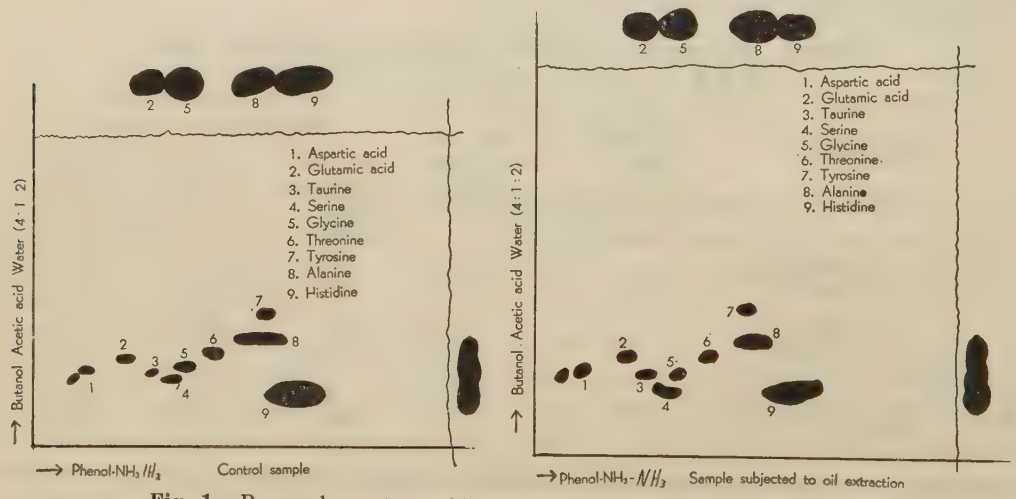


Fig. 1. Paper chromatographic positions of the amino acids in the alcoholic extracts of "Katsuobushi".

このように脱脂処理によつてエキス分に変化のないことを知つたが，出汁の味はエキス量だけで云々することはできない。すなわちいかにエキス分が多く濃厚な味をもつていても，不快臭を有するようなものは出

汁として良質とはいえない。この点脱脂処理を行なつたものは不快臭の原因となる魚油が除かれているため出汁は臭気がなく，したがつて上品な風味をもつ出汁といえる。

2. イワシ削り節原料の脱脂: 鳥取県境港市で製造されたマイワシおよびウルメ節を原料として用いた。これらはいずれも含油量多く，油が節の表面にベタベタと固り，油焼けを起しており，このままでは食用には到底することができないものであつた。本試料を前記の実験と同様にして *n*-ヘキサンで脱脂した (Table 4)。

Table 4. Oil content of "Iwashibushi" alter solivent extraction.

第 4 表 イワシ節脱脂結果

Sample 供試節名	Crude oil (%) (粗脂肪 %)		
	In raw material 原料中	After extraction, once 1回抽出後	After extraction, twice 2回抽出後
Large sardine 大羽イワシ	21.2	4.9	2.4
Round herring ウルメイワシ	14.8	5.8	2.2
Small sardine 小羽イワシ	18.2	4.1	2.4

Table 4 中1回抽出として示したのは *n*-ヘキサンに一夜浸漬したもの，2回抽出とは溶剤をとりかえて再度抽出をくりかえしたものである。抽出後節中に残存する溶剤は生蒸気を吹き込んで除去した。これらの試料を削つたところ写真 (Plate 1) に示すように，脱脂処理を施したものは未脱脂のものにくらべ，はるかに好結果を得た。すなわち未脱脂のものを削ると粉となつてしまうが，脱脂したものはきれいな花となる。この理由を明らかにするために削つた花をズダン III で染色して検鏡したところ写真 (Plate 2) に示すように，未脱脂のものは組織間に脂肪が存在し，その個所から折れてくだけることが判る。一方，脱脂処理をしたものは脂肪の消失したあと，組織が接合してそのために粉末化しにくいと考えられる。また未脱脂試料の出汁は油のため濁り生臭い魚臭をおびているが，脱脂処理した試料の出汁は淡色で，液は澄み，臭気はなく上品な旨味を持つていた。更に，削つたものを保存しておくと，未脱脂のものは間もなく油焼けを生じ赤変するが，脱脂したものは焼けを全く生じない。なお脱脂の程度はあまり極端でない方がよく，ヘキサン抽出を2回くりかえしたものよりも，1回行なつて5% 前後の油脂を残存するものの方が美味な出汁が得られた。

3. 圧搾サンマの脱脂: 福島県産圧搾サンマ（含油量 12.6%）を前記の試験と同様に *n*-ヘキサンで脱脂し，前記試験とほぼ同様な結果を得た。ヘキサン抽出前後でのエキス量の変化をみるため，脱脂および未脱脂圧搾サンマから製造した削り節について，かつお節の際と同様にしてエキス分を分離秤量したところ，圧

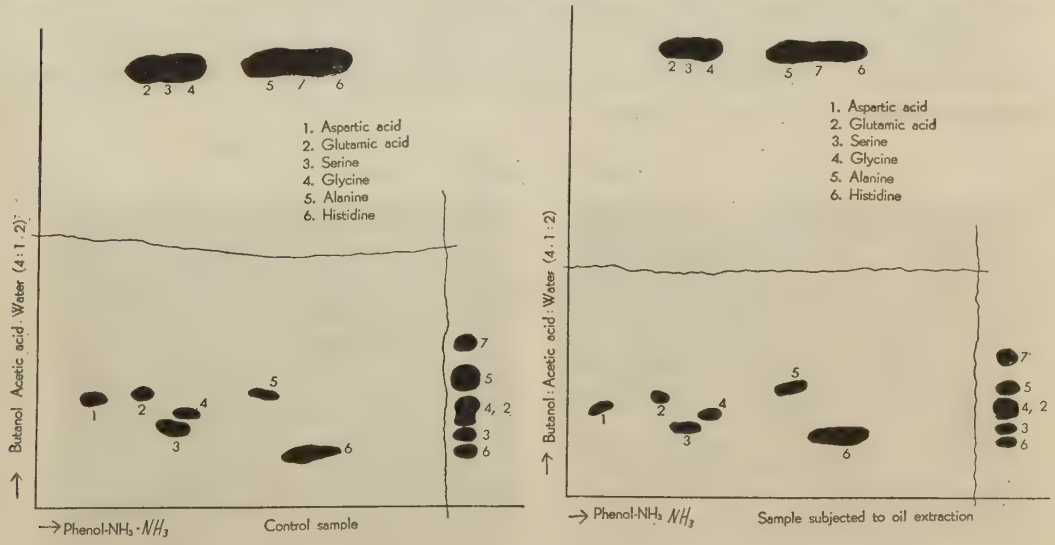


Fig. 2. Paper chromatographic positions of the amino acids in the alcoholic extracts of dried saury strips.

搾サンマはヘキサン抽出処理の有無にかかわらず，両者とも 4.0% のエキスを含むことを認めた。

さらにこれらエキスについて，かつお節エキスの場合と同様にペーパー・クロマトグラフィーを行なつたところ，検出されたアミノ酸は Fig. 2 に示すように試料の脱脂処理の有無による差はなかつた。エキスにはヒスチヂン，アラニン，グルタミン酸，セリン，グリシン等が含まれていることを確認した。

III. 考　　察

以上の結果から，含油量の多いかつお節ないしイワシ，サバ等の雑節はいずれも *n*-ヘキサン抽出処理を行なうことによつて，その品質を非常に向上させることとができるといえる。

これ等の節類を脱脂する際，煮干脱脂のときのような細心の注意は不用である。すなわち煮干は外観を重くみるため，形がくずれないで，また変色を生じないように極力留意する必要があるが，削り節では原料が多少赤変していても，また形がくずれていても削つてしまうので大きな問題とはならない。なお脱脂後も節の表面は油焼けと同様な色調を呈しているが，これは油焼けが進み，*n*-ヘキサンを用いては除去することができないような構造のものになつているためである。しかし筆者等の研究[3]によれば，このような状態となつたものを摂取しても体内で消化吸収されないでしまうため毒性を呈することはないと考えられる。

抽出装置は特別なものを必要としない。従来植物油の抽出に用いられているバッチ式の抽出器で充分である。また抽出後節中に残存しているヘキサンは生蒸気を吹込むことで容易に除去することができる。

含有脂肪抽出の程度は消費者の好みによつて加減する必要がある。粗脂肪を極度に抽出すると，出汁は無色で澄み，魚臭は全く感じない。そのためこのような削り節は従来の削り節の概念をはなれ，西洋風の料理にも使用することができると考えられる。一方，消費者によつては脂肪を多少とも残した方が味が濃厚であると感ずる向きもあると思われるので，抽出処理に当つてその処理の程度を考慮する必要があろう。かつお節の香気は節中に含まれている油脂に起因するといわれている[4]ので，かつお節は完全には脱脂しない方がよいといえる。

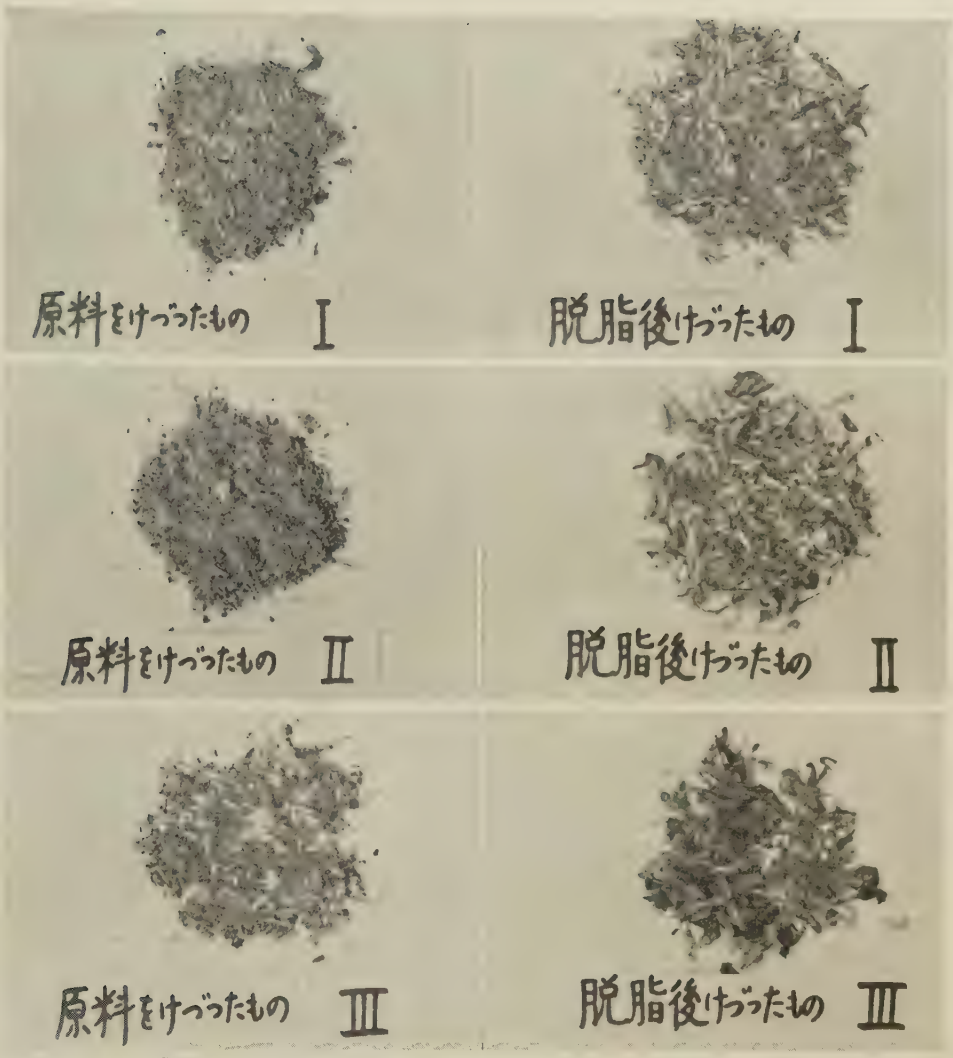
IV. 摘　　要

多脂肪魚を原料として製造したかつお節およびその他の雑節について，その製造過程中または製了後に *n*-ヘキサンで含有油を抽出する処理を試みたところ，無処理のものにくらべ，削つたものの粉末化が防止されるとともに，美味で澄んだ出汁の得られる良品とすることができた。

本研究を行なうに当り，御指導を賜つた東海区水研利用部長東秀雄博士に謝意を表します。また，かつお節製造の便宜を図られた塩釜市齊和工場に感謝します。

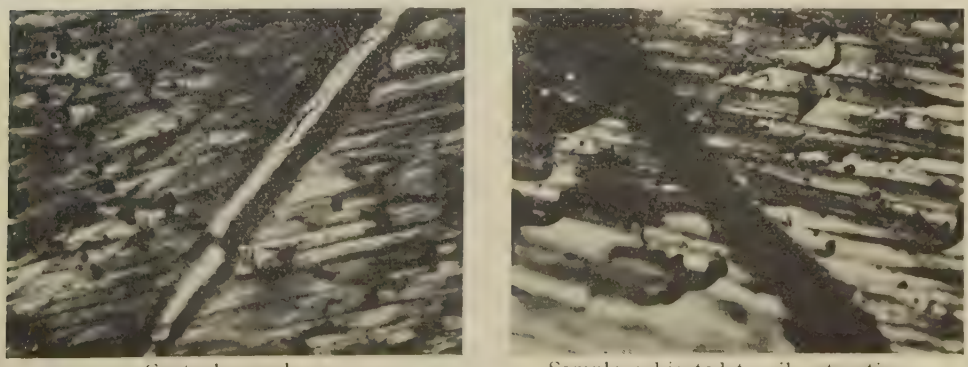
文　　献

1) 金田・石井：東海水研報，**20**，61 (1958).
2) 江崎等：家政学研究，**I**，43 (1954).
3) 金田等：東海水研報，**12** (1955).
4) 小幡等：農化，**26**，184 (1952)；本誌，**16**，151 (1953).



Control sample　　Sample subjected to oill extraction

Plate 1. Samples of dried sardine strips as scraped for a broth.
I : large sardine, II : round herring, III : small sardine.



Control sample　　Sample subjected to oil extraction

Plate 2. Microscopic details of dried sardine strips (by Sudan III, 300×).

海洋生物放射能調査

RADIOACTIVITY OF MARINE ORGANISM

Radio-active Contaminatjon of Marine Products in Japan, Contrib. from Jap. Gov. Agens. to 8th Session of Scien. Commit. on Effect of Atomic Radiation, U.N., May 1960.

Radioactivity of Marine Organisms and Sediments in the Tokyo Bay and its Southern Neighbourhood*

Zinziro Nakai, Rinnosuke Fukai, Harumi Tozawa, Shigemasa Hattori, Katsuo Okubo and Takashi Kidachi

Tokai Regional Fisheries Research Laboratory

1. INTRODUCTION

With respect to radioactivity of marine organisms, sediment and water in the sea adjacent to Japan, comprehensive investigations have been conducted as a routine program by marine research institutions of the country since 1957. According to primary purposes it may be feasible to divide the program into two large categories: one for the survey of gross β activity, and the other the survey for Sr^{90}. The former aims at obtaining a general trend in contamination levels of as various organisms and substances as capable of occurring in the sea around Japan, while the latter is particularly important for the security of public health. The survey cruises were carried out in the sea adjacent to the Pacific coast twice a year, and in both the Japan Sea and the East China Sea once or twice a year, usually along a regular line extending for about 150 to 300 miles from the coast in each area, except stations occupied in the waters enclosed within a bay. Of these surveys the present report describes an outline of radiological assessments of plankton, nekton, benthos and bottom sediment which were mainly collected from Tokyo Bay, Sagami Bay, and a region south of Boso Peninsula. The R.V. *Soyo-Maru* was employed for most of the survey cruises in the regions under report.

2. METHOD

2.1. Method for Collection

Plankton samples were collected by horizontal towing of a net. A 130-cm net of 0.1-mm-mesh silk was employed in the surface layer, and a 60-cm net of 0.3-mm-mesh silk with a Leavitt's (1935) closing device in the mid-water layers. Nekton and benthos were sampled usually with a beam trawl (cotton, 3.5-mm mesh for inner bag, and 3- to 6-cm mesh for outer bag) modified from Russell (1928). Occasionally a dredge of metalic net was used for this purpose. In determining levels of Sr^{90}, materials collected with other types of gear were employed in addition to the one with these nets. Sediment was obtained by scraping the surface mud off the bottom by means of an SK type dredger or its modification having a closing lid.

* Contribution B-333 from the Tokai Regional Fisheries Research Laboratory.

2.2. Preparation of Material

2.2.1. For Gross β Activity Survey: Majority of organisms were preserved in neutralized formalin on board and dried at heat of 110°C at a laboratory on land. Occasionally some of them were dried, immediately after collection, in an electric oven on board. Some of benthos which were rich in calcium were dried in open air. Dried samples were put into porcelain crucibles and ignited to ash at heat of 500°C in an electric oven or over a gas burner.

In the case of sediment, 6N·HCl was added to 20 g of dry matters to extract a soluble portion. The solution neutralized with ammonia was made to precipitate in the presence of ammonum carbonate. Ash was prepared by igniting the precipitation.

2.2.2. For Sr^{90} Survey: Preparation of ashed material was identical to that adopted for organisms in the gross β activity survey.

2.3. Measurement of Radioactivity

2.3.1. For Gross β Activity Survey: In the case of organisms, 0.5 g, or less than 0.5 g when that much was not available, of ashed material was used. By putting the material on a stainless steel dish in an end-window type of the Geiger-Muller counter (thickness of the mica window, 1.8 mg/cm^2), counting was carried under the following conditions:

distance from the mica window to sample: about 8 mm;
the efficiency of counter: 15.4 to 17.3 % by U_3O_8 48 mg (500 dps), or 11.1 to 12.2 % by KCl 500 mg (517 dpm);
counting period (minutes): Background (BG) 5 m—Sample (S) 10 m—BG 10 m—S 10 m—BG 10 m—S 10 m—BG 5 m.

For sediment, 0.5 g of ashed material was always used in determination. Type of the counter and the counting conditions were identical to those described above except the mica window being 1.5 mg/cm^2 thick, and the efficiency of counter:

9.8 % by U_3O_8 48 mg (500 dps).

2.3.2. Strontium-90: The method adopted by the New York Operations Office, USAEC (Harley and Whitney, 1957), was somewhat modified in the determination of Sr^{90}. In the course of the analyses a 100 g of an ashed sample was dissolved in nitric acid, then strontium with a large amount of calcium was separated from majority of other elements as nitrate-precipitate by adding an appropriate volume of fuming nitric acid to the solution. After the purification of separated strontium and the standing of about 15 days for yttrium growth, the amount of Sr^{90} was determined through yttrium milking procedure followed by radioactivity measurements.

For the measurements of radioactivity, a gas flow counter surrounded by 24 Geiger tubes with anti-coincidence circuit and shielded by 20-cm iron was used to minimize the background. Thus, the background was reduced to about 0.8

cpm for this type of counting equipment with the counting efficiency of 30.4 % for Y^{90} beta.

Over-all chemical yield for strontium separation was checked with composite sample of Sr^{90} with the ashes of various marine organisms.

2.4. Correction

Unless specified otherwise, the counting unit used for the gross β activity survey in the report was cpm per 0.5 g of ashed material. However, difficulties were that in the case of organisms material was not always available that much as mentioned above, and that time having elapsed between collection and counting ranged usually from 2 to 80 days and was never constant among the samples. For those reasons, it was necessary to correct the count in regard to the decay as well as the weight of material in order to measure the activity density on a comparable basis.

2.4.1. Weight Correction: Nakai and others (1957) studied radioactive levels of marine organisms including mixed plankton, nekton and benthos, from an area off Tokai-mura, Ibaraki Prefecture, adjacent to one of the regions under report. Except for the soft part of two different species of Gastropoda, most of samples they used showed an approximately linear relation between cpm and the amount of ashed material weighing less than 0.5 g. Among present 16 samples, each weighing less than 0.5 g upon ashing, both mixed plankton and the muscle of Deimatid holothurian showed, once again, the existence of a practically linear relation between cpm and the ashed sample (Fig. 1-a and b). Therefore, under an assumption that the linear relation would be applicable to all the other ashed samples weighing less than 0.5 g, the weight ratio, 0.5 g/weight (g) of ash used, was tentatively used as a correction factor in converting cpm of the less-than-0.5-g ash into cpm of the 0.5-g ash.

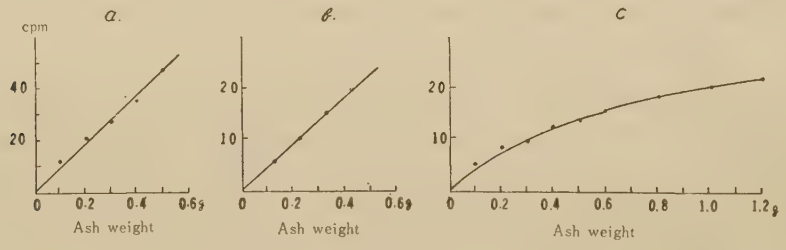


Fig. 1. Relationship between Ash Weight and CPM.

a. Plankton (St. 152, March 11, 1960)
b. Muscle of a holothurian, *Ilyodaemon ijimai* (St. T29, August 12, 1959)
c. Soft parts of a gastropod, *Charonia sauliae* (St. B1, March 19, 1958)

In the case of the soft part of Gastropoda, however, an approximately linear relation could not be drawn even for the ashed amount weighing less than 0.5 g (Fig. 1-c). The fact seems to leave room open for further consideration that

should be given in respect to the amount of ash to be used or a method for securing a comparable value of radioactivity when one deals with materials showing such a self-absorption as described here.

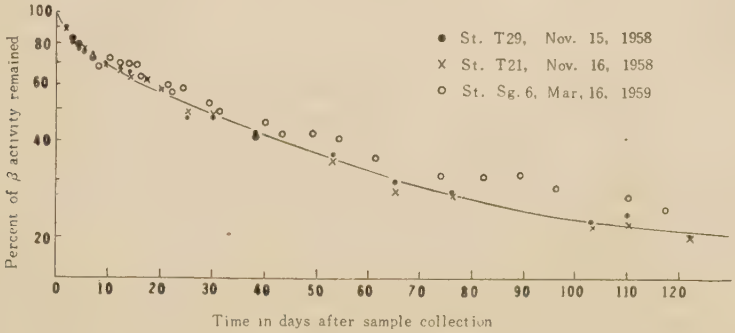


Fig. 2. Decay Curve of Plankton Samples.

2.4.2. Decay Correction: Fig. 2 indicates three examples of plankton for which decay of radioactivity has been pursued in detail. As the first radioactive assessment was performed for each of them two or three days after collection, the activity during the intermediate period between collection and the first measurement has been extrapolated from the decay curve for the subsequent period. In the figure the count is indicated in percentage on the basis of cpm estimated for the time of collection. Between two collections in November 1958 the decays could be drawn nearly in the same curve, while the decay of the sample in March 1959 is rather slow. Although detailed study has not been made with enough number of measurement for every sample collected since 1957, a check revealed that their decays were almost similar to the curve of the first two samples. The

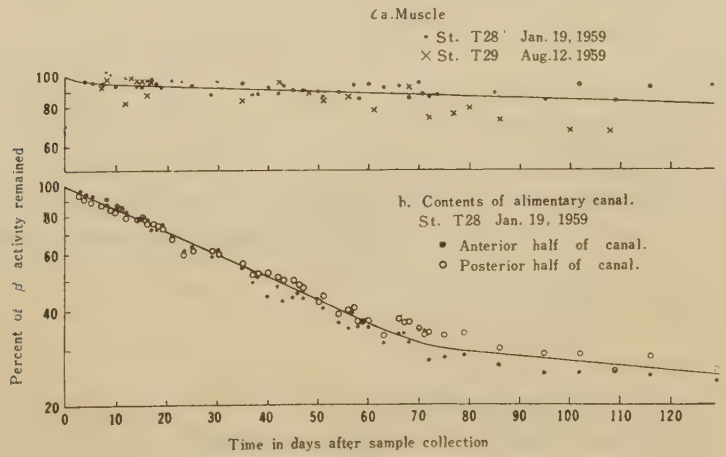

a. Muscle
• St. T28 Jan. 19, 1959
× St. T29 Aug. 12. 1959
b. Contents of alimentary canal.
St. T28 Jan. 19, 1959
• Anterior half of canal.
○ Posterior half of canal.
Percent of β activity remained
Time in days after sample collection

Fig. 3. Decay Curve of a Holothurian, *Ilyodaemon ijimai*

fact may justify to use that particular curve in tracing up the decays of all other plankton samples to the respective date of collection.

Among benthos, detailed decays of two pairs of samples of the holothurian muscle and the alimentary canal contents are shown in Fig. 3. It may be stated that the decays of both pairs are nearly consistent with one another. Nakai and others (1959) pointed out that the decay of the alimentary canal contents of those samples having quantities of plankton remains nearly agreed with the decay of plankton. Majority of other benthos and nektons under report had the count which was too low to detect radioactive decay accurately with a GM counter. However, samples of the anchovy, *Engraulis japonica* (Houttuyn), obtained on other occasions showed nearly the same decay curve as seen in the muscle of the holothurian (Nakai and others, unpublished). For this reason, the decay curve shown in Fig. 3-b has been used tentatively in estimating the count of the collecting day for the alimentary canal contents of holothurian, and the decay curve in Fig. 3-a for all the other benthos and nekton.

In the case of sediments, correction based on the decay was made for the count obtained. For the decay correction, a standard decay curve tracing back to the time of collection was prepared by extrapolating the decay of a typical sample plotted for the period of 80 days. According to the standard curve, the counts of all the other samples were adjusted to the respective value at the time of collection. Here the value is expressed by the unit cpm/5 g of dry matters so that deviation of the value due to correction may not seriously differ from that of the observed value.

2.4.3. Calculation: The Poisson standard deviation (σ_c) of the gross β activity values corrected in regard to the decay and the ashed amount was computed by neglecting errors in correction factors of the weight and the decay, and by the use of the following equation:

$$\sigma_c = \pm\sqrt{\frac{\left(\frac{n_s}{t_s}-\frac{n_b}{t_b}\right)\cdot t_s'\cdot (DF)(WF)+\left(\frac{n_b'}{t_b'}\right)\cdot t_s'}{t_s'^2}+\frac{n_b'}{t_b'^2}}\,.$$

When $t_s'=t_b'=t_s=t_b$

$$\sigma_c = \pm\sqrt{\frac{(n_s-n_b)(DF)(WF)+2n_b'}{t_s^2}}\,.$$

When a counting is made at the time of collection with the same counter and under the same counting conditions as to be used later, one may assume $n_b=n_b'$. Then,

$$\sigma_c = \pm\sqrt{\frac{(n_s-n_b)(DF)(WF)+2n_b}{t_s^2}}\,.$$

Here n_s: count of the sample,
n_b: count of the background,
t_s: counting period for the sample (minutes),
t_b: counting period for the background (minutes),

DF: decay correction factor,
WF: weight correction factor,
n_b': count assumed to have been determined for the background on the day when the sample was collected,
t_s': counting period assumed to have been given for the sample on the day of collection (minutes),
t_b': counting period assumed to have been given for the background on the day of collection (minutes).

2.4.4. As the amount of K contained in organisms was usually less than 1% and rarely 5% at most, K^{40} was generally at a very low level (2 cpm/0.5 g ash). No correction was made in this regard.

2.4.5. For Sr^{90} survey the count was converted into the unit $\mu\mu c$ by comparing it with the standard and expressed as S.U. (Strontium Unit).

3. MATERIAL

The number of samples used for the gross activity survey of β emitters is given by kind in Table 1 along with dates and regions of collection. Figs. 5, 6, 7, and 8, refer to the positions of stations for collecting plankton, nekton, and benthos. Incidental data pertinent to material for the Sr^{90} survey are listed in Table 8 together with the results of determination. The station patterns collecting material for the Sr^{90} survey are in Fig. 10.

Table 1. Number of Sample* by Kind Used for Counting Gross β Activity

Date of collection	Region	Number of sample			
		Plankton	Nekton (Pisces)	Benthos	Sediment
Sept.–Oct. 1957	I, II, III	24	15	45	24
Mar.–Apr. 1958	I, II, III	33	10	35	16
Oct.–Nov. 1958	I, II, III	28	6	25	23
Mar. 1959	I, II, III	20	3	25	5
Aug. 1959	I, II	11	5	29	12
Nov.–Dec. 1959	I, II, III	15	3	19	5
Mar. 1960	I, II, III	11	**	**	**

* Collected by the R.V. *Soyo-Maru* for the radioactivity survey.
** Count has not been finished yet.
In the column of region, I: Tokyo Bay, II: Sagami Bay, III: South of Boso Peninsula.

4. RESULT AND DISCUSSION

4.1. Gross β Activity Survey

4.1.1. Annual Fluctuations and Regional Features:

4.1.1.1. Mixed plankton (a suggestion on sources of the contamination): The level of radioactivity so far followed since the inception of the investigation program in September 1957 has been found fluctuating from cruise to cruise, with noticeable features that have varied among the survey regions. Take Tokyo Bay, Region I, for instance (shaded part in Fig. 5). In this substantially enclosed bay characterized with relative shallowness (depth of the bay averages about 20 m), and great deal of rivers it receives, the activity had been at a highest level (97 cpm/0.5 g of ash) in November 1958. A decrease that followed later was set back when the activity arose again in March 1960. A series of coincidence is evident between the level of radioactivity in plankton from the bay and two other data: frequency of the month with rainfall of more than 3,000 cpm/lit., and the number of nuclear detonation tests detected by measurements of anomalous atmospheric pressure oscillation (Fig. 4). Data of the latter groups for the period up to May 1959 have been made available by the Meteorological Agency (1959) and those for the ensuing period from information at hand. Particularly the facts worth calling attention are these. A maximum value ever recorded during the period under report occurred in October 1958 for the number of the nuclear tests and the frequency of highly radioactive rainfall, and then in the following month for the activity in plankton. In contrast with a low level for the subsequent period when the nuclear tests were suspended, an increase in the activity in plankton samples was observed a month after the test made by France on Sahara Desert in February 1960.

In the open sea including Regions II and III, the activity was always at a higher level than in Tokyo Bay, with the peak having taken place in March 1959 (187.5 cpm) and March 1960 (234.1 cpm). Particularly the first peak occurred during a cruise undertaken about four or five months behind a peak that had emerged in Tokyo Bay (Fig. 4).

In horizontal distribution the activity in Tokyo Bay was remarkably lower than that in the open sea. Except for the surveys during and immediately after the period from October 1958 to February 1959 when highly active rain fell all over the country, the activity in Tokyo Bay varied from station to station. In Region III, south of Boso Peninsula, however, the activity level was not so variable among stations or years as in the other regions (Fig. 6). From oceanographical standpoint we may place Sagami Bay, Region II, between

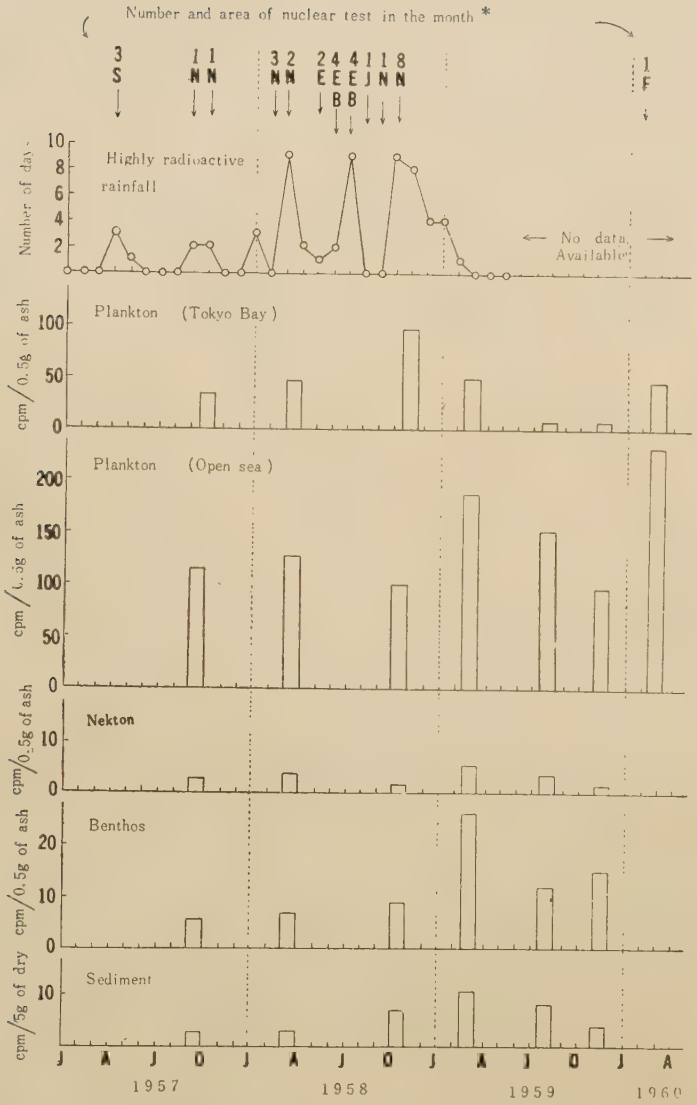


Fig. 4. Mean Gross β Radioactivity by Cruise and by Group of Marine Organisms and Submarine Sediments with Reference to the Frequency of Highly Radioactive Rainfall in Japan (higher than 3000 cpm/lit.) and Detected Number of Nuclear Tests.

Note: Countings on nekton, benthos and sediments have not yet been finished for the collection in March, 1960.

* Detected by anomalous atmospheric pressure oscillation.

Test areas are abbreviated as follows:

S: Siberia, N: North Polar Region, E: Eniwetok, B: Bikini, J: Johnston F: Sahara

I and III, because topography provides this partly enclosed deep sea with considerable influences of river-flow as well as the open sea. The fact may be associated with radioactive features of Sagami Bay in respect of the level and variation by station and year, as they can be placed also in an intermediate position between those of Regions I and III (Fig. 5).

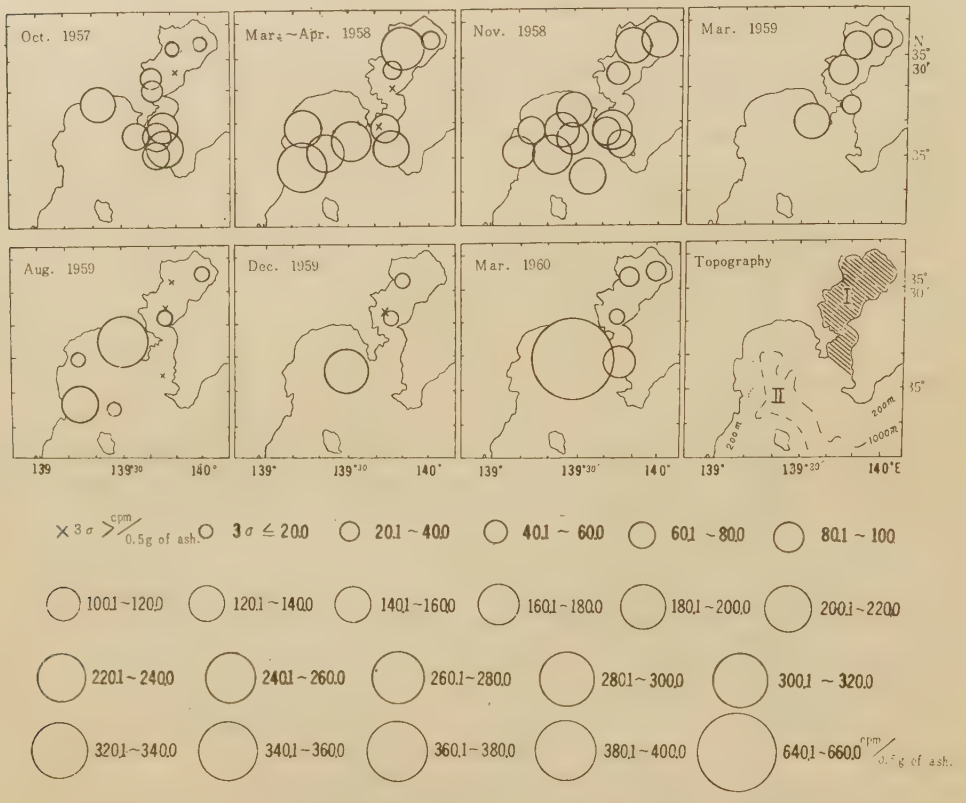


Fig. 5. Distribution of Radioactivity of Plankton Samples Collected from Surface Layer in Tokyo Bay (Region I) and Sagami Bay (Region II).

On the basis of these data, one may advance an assumption that influence of the radioactive fallout is, on the one hand, immediately and appreciably reflected upon the activity level of plankton in Tokyo Bay. In the open sea, especially Region III, on the other hand, the fallout effect is slow to become apparent in plankton though the activity seems to be accumulated or at least kept there for some length of time. The phenomena were also observed in cases of nekton and benthos as will be described later.

Close comparison has revealed that the activity level for plankton in the main area of the Kuroshio Current and on its offshore side was often hig her tha

on the inshore side. The fact may suggest that a source or sources of radioactive contamination exist not only in the fallout but also somewhere in the Equatorial Region from which radioactive substances are transported by the Kuroshio Current.

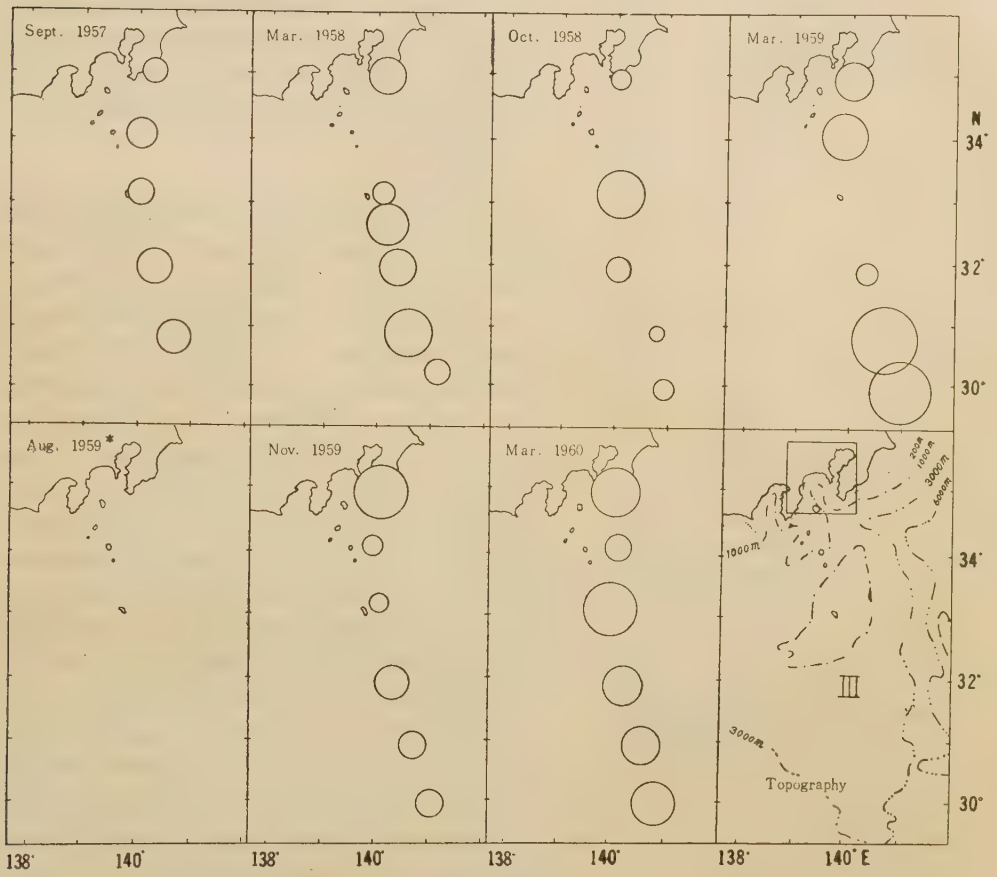
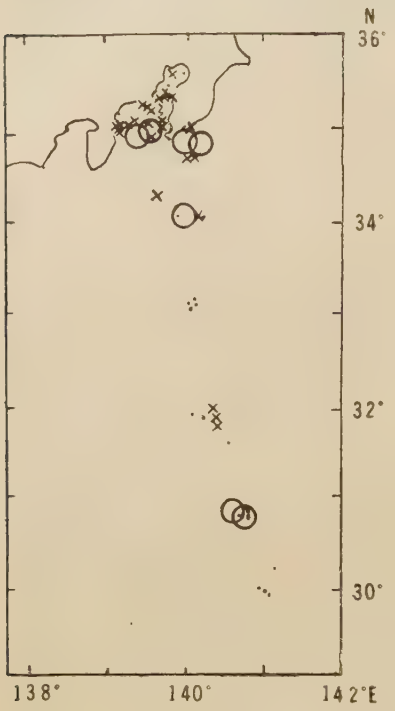


Fig. 6. Distribution of Radioactivity of Plankton Samples Collected from Surface Layer in the South of Boso Peninsula (Region III).
* No survey was conducted in Region III in August 1959. For marks see Figure 5.

4.1.1.2. Nekton: Except bottom fish caught with a beam trawl, no other groups of nekton such as squid or migratory fish that prey on plankton have been made available for the activity measurements. Of 42 samples of the bottom fish, only seven samples showed the activity over 3σ in measurements by the GM counter. They were *Clidoderma asperrimum* and *Paraliparis atramentatus* from Region II, and *Urolophus aurantiacus*, *Callionymus lunatus* (two samples), *Synaphobranchus brevidorsalis*, and *Gonostoma gracile* from Region III. Scarcity of samples showing a

significant count of the activity made it difficult to draw a definit conclusion on radioactive trends with respect to year or region (Fig. 7). Nevertheless, it is as yet noticeable in the count averaged by survey cruise that variations in the activity in nekton are fairly well correspondent with those of other forms of organisms: plankton in the open sea described already and benthos to be described later—the count being at a maximum level in March 1959 and on the decrease for the succeeding period (Fig. 4).



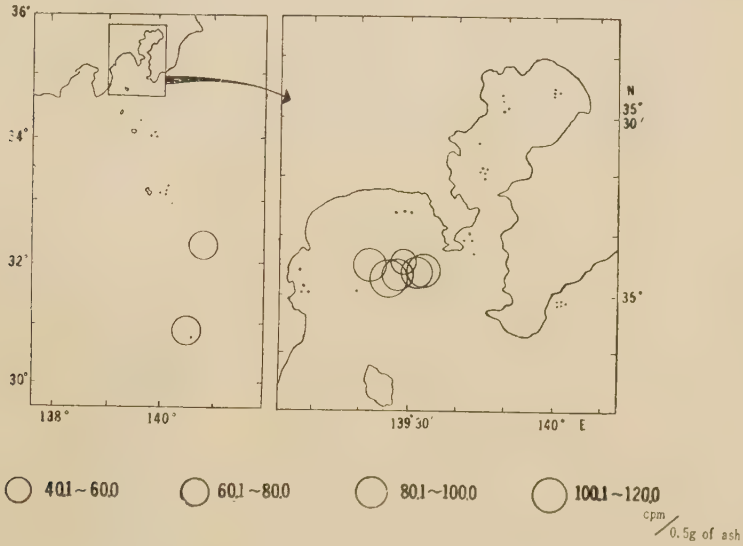
× $<3\sigma$
◯ $3\sigma \sim 20$ cpm/0.5 g of ash.
• No nekton was collected or count was not finished on the nekton sample collected.

Fig. 7. Distribution of Radioactivity of Nekton Samples.

4.1.1.3. Benthos: Fluctuations in the count for benthos were nearly in the same line with those of plankton in the open sea and nekton in the whole regions—the count was at the highest level (25.7 cpm) in March 1959, decreasing in August and November (or December) 1959 (Fig. 4). Among benthos, however, Holothurioidea, particularly their alimentary canal contents, had an exceptionally high activity that could almost match with the activity level of plankton. One has to take it into account that the high activity of this species is strongly affecting the mean value of the activity for all the benthos under report (Fig. 8). The activity, when averaged by region (Table 2), is evidently lower in Tokyo Bay (Region I) than in the open sea (Regions II and III). This regional feature remains almost the same with benthos even when the high activity of Holothurioidea is excluded from the mean value. The fact may possibly support the foregoing assumption inferred in regard to sources of radioactive contamination and regional features of the activity in plankton.

4.1.1.4. Sediment: When averaged for each survey cruise, radioactivity of sediment had been on the increase since sometime in 1957, until it reached a maximum (10.7 cpm/5 g of dry matters) in March 1959. For the ensuing period the activity was on the decrease (Fig. 4). Here again the trend in the variation is essentially in uniformity with those for plankton in the open sea, nekton and benthos in all the regions. In the regional average, the activity in Region III, south of Boso Peninsula, was placed between those of Tokyo Bay (Region I), the lowest, and Sagami Bay (Region II), the highest. The activity of

sediment in Tokyo Bay was at a lower level than in the open sea as were the cases with plankton and benthos pointed out previously (Table 3). The findings are once more in support of the suggestion that has been proposed with respect



• Station where no Deimatid Holothurian was collected.

Fig. 8. Stations where Beam Trawl Collections were made and Distribution of Radioactivity of Alimentary Canal Contents of Deimatid Holothurians.

Table 2. Gross β Activity in Benthos Averaged by Region, 1957—1959

Kind of sample	Item	Region I (Tokyo Bay)	Regions II & III (Open Sea)
Benthos	Gross β activity (cpm/0.5 g of ash)	2.5	13.3
including	Number of sample	38	139
Holothurioidea	Frequency of count higher than 3σ (%)	18	45
Benthos	Gross β activity (cpm/0.5 g of ash)	2.5	4.4
excluding	Number of sample	38	112
Holothurioidea	Frequency of count higher than 3σ (%)	18	41

Table 3. Gross β Activity in Sediment Averaged by Region, 1957—1959

Item	Region I (Tokyo Bay)	Region II (Sagami Bay)	Region III (Kuroshio Area; South of Boso Peninsula)
Gross β activity (cpm/5 g of dry)	3.4	8.8	4.5
Number of sample	50	23	12
Frequency of count higher than 3σ (%)	34	57	33

to the variations and regional features of radioactivity on the basis of the surveys for plankton, the number of nuclear test detonations, highly radioactive rainfall, and oceanographical conditions of the regions under study.

Attention should be called to the fact that sediments and benthos from Sagami Bay had higher count than those from the open sea; particularly sediment collected at a station (N 35°01.0′; E 139°19.6′, depth of 1,400 m) in November 1958 had an unusually high count (49.7±1.7 cpm/5 g of dry matters). Reasons for the phenomena remain to be explained through future works.

4.1.2. Contamination Characterized by Biological Categories:

4.1.2.1. By ecological categories: It has been already elucidated that uptake and accumulation of radioactive substances vary qualitatively and quantitatively depending on types of organisms which do these. For that matter, one may refer to markedly heavy contamination of plankton that have been described in numerous reports on highly radioactive areas since 1950. For instance, the workers of the Applied Fisheries Laboratory (now, Laboratory of Radiation Biology), University of Washington (1950), concerned with surveys of Eniwetok area where nuclear tests were carried out, and R. F. Foster and others (1954) dealt with surveys of the Columbia River receiving polluted water from the Hanford reactors. Data presented in Table 4 prove that the foregoing statement is generally applicable as well to the sea adjacent to Japan even though radioactivity here was much lower than in those waters referred to above. What

Table 4. Gross β Activity Averaged by Group of Organisms and Frequency of Count $>3\sigma$, 1957–1959

Group	Number of Sample	Mean cpm/0.5 g of ash	Frequency of Count $>3\sigma$ (%)
Plankton	86	94.3	94
Nekton	42	2.8	17
Benthos*	177	10.2	39
Benthos**	149	3.7	32

* Includes Holothurioidea and *Palaeopneustes murrayi*.

** Excludes the above animals.

is more, plankton are capable of up-taking and accumulating radioactivity to a very much higher degree than do nekton and benthos. This peculiarity of plankton would make it justifiable to regard them as a sensitive indicator of marine radioactivity as suggested by Harley (1956) reporting a survey made by the U.S. Coast Guard cutter *Taney* in 1955.

With this view in mind, the activity averaged by ecological category of marine organisms—plankton, nekton and benthos—is tabulated in Table 4 along with frequency of the level higher than 3σ. The table includes all the data obtained up to December 1959 except those which, having been collected with a small net, were not large enough in quantity to secure high accuracy of the

measurement. In the case of benthos, average values excluding highly radioactive samples, Holothurioidea and *Palaeopneustes murrayi*, have been prepared to show the normal level of activity.

4.1.2.2. By taxonomical class: Inasmuch as the radioactivity described so far is concerned, most of the organisms under report have been dealt with at the level of species, except for plankton which remained as mixed plankton. In the cpm measurement, however, it was possible to regard the samples as zooplankton or phytoplankton according to apparent dominancy. Therefore, Table 5 indicates cpm averaged by taxonomical class, together with frequency of the count

Table 5. Gross β Activity Averaged by Taxonomical Class of Marine Organisms, 1957—1959

Phylum	Class	Number of sample	Mean activity cpm/0.5g of ash	Frequency* (%)	Highest activity in class	
					Species	cpm/0.5g of ash
(Plankton**)	(Zooplankton)	61	109.0	98	—	504.8±4.2
	(Phytoplankton)	23	60.9	83	—	270.6±3.2
	(Unclassified)	2	37.5	100	—	68.0±1.8
Vertebrata	Pisces	42	2.8	17	*S. b.*	6.8±1.2
Protochordata	Tunicata	2	6.4	50	*S. c.*	11.5±1.2
Echinodermata	Holothurioidea	31	44.0	97	*I. i.*	115.4±2.2
	Echinoidea	25	5.4	36	*S.* sp.	30.6±1.4
	Asteroidea	25	0.8	0	*A. p.*	3.2±1.4
	Crinoidea	1	1.8	0	*P. o.*	
Arthropoda	Crustacea	27	4.2	26	*P. m.*	25.7±1.4
Mollusca	Cephalopoda	4	4.3	50	*O. f.*	9.8±1.2
	Gastropoda	11	3.8	36	*C. s.*	19.2±1.5
	Scaphopoda	1	1.5	0	*D. w.*	
	Pelecypoda	20	2.9	20	*P. a.*	17.7±1.4
Coelenterata	Hydrozoa	3	5.5	33	*C. g.*	5·6±1.3
	Anthozoa	18	3.7	33	Indet.	16.1±1.2
Porifera	Demospongiae	9	3.3	56	Indet.	8.5±1.1

S. b. *Synaphobranchus brevidorsalis* Günther,
I. i. *Ilyodaemon ijimai* Mitsukuri,
A. p. *Asterina pectinifera* Müller et Troschel,
P. m. *Paralomis multispina* (Benedict),
C. s. *Charonia sauliae* (Reeve),
P. a. *Pecten albicans* Schröter,
S. c. *Styela clava* Herdman,
S. sp. *Stylocidaris* sp.,
P. o. *Phrynocrinus obtortus* Matsumoto
O. f. *Octopus fangsiao* (d' Orbigny)
D. w. *Dentalium weinkauffi* Dunker
C. g. *Calicogorgia granulosa* Kükenthal et Gorzawsky?

* Refers to the count higher than 3σ.

** Excludes plankton collected by a 60-centimeter-net.

higher than 3σ, and species representing the class by the highest count. According to the present unit of activity, cpm/ash, mixed zooplankton showed high activity far exceeding over that of phytoplankton. Of the other organisms, seven classes had cpm higher than 3σ. They were Holothurioidea, Tunicata, Echinoidea, Crustacea, Cephalopoda, Hydrozoa, and Anthozoa. Most of them, except the first two, had not the activity reaching 5σ.

With respect to Deimatid species of Holothurioidea, Nakai and others (1959)

inferred radioactive sources, contamination routes, etc, on the basis of differences in the activity levels and decays of the muscle and alimentary canal contents as well as feeding habit of these deep sea animals. In view of evidences suggesting the way they would follow in up-taking contaminated matters, there is a strong possibility that enables the species to serve as an important indicator of radioactive accumulation process in the deep sea. In Table 6 the cpm values for

Table 6. Gross β Activity in cpm/0.5 g ash of Holothurians and Other Classes of Animals Simultaneously Collected from Depths Greater than 1000 m.

Position	St. No.	T28	B5	T28′	b	53
	Lat. N	35°05.0′	30°51.8′	35°03.5′	32°17.0′	35°06.8′
	Long. E	139°22.0′	140°34.0′	139°25.8′	140°54.0′	139°29.1′
Depth (m)		1470	2230	1220	3350	1030
Date		Oct. 3, 1957	Mar. 21, '58	Jan. 19, '59	Nov. 7, '59	Dec. 7, '59
Holothurioidea Deimatidae		*L. v.*	*L. w.*	*I. i.*	*D.* sp.	*I. i.*
	Muscle	39.1±1.7 (1)	13.9±1.6 (1)	23.5±1.3 (1)	5.8±1.1 (1)	23.5±1.3 (1)
	A.c.c.	92.6±2.2 (1)	74.5±1.9 (1)	62.9 (2)	72.1±1.8 (1)	46.5 (2)
Psychropotidae					*P.* sp.	
	A.c.c.	...	...	...	22.7±1.4 (1)	...
Pisces		4.5±1.4 (1)	11.4 (2)	...	...	...
Asterioidea		0.3±1.4 (1)	...	0.4±1.0 (1)	1.3±1.0 (1)	...
Anthozoa		...	1.7±1.1 (1)	...	10.3 (2)	...

L. v. *Loetmogone violacea* Théel, *L. w.* *Loetmogone wyville-thomsoni* Théel,
I. i. *Ilyodaemon ijimai* Mitsukuri, *D.* sp. *Deima* sp.
P. sp. *Psychropotes* sp.
A.c.c. Alimentary canal contents.
Numeral within parentheses shows the number of samples.

Holothurians collected at depths of 1,000 to 3,350 m are compared with the value averaged by other speceis collected along with them on the same occasions.

4.1.3. Comparison of DPM in Plankton with Previous Data:

An amount of data on marine radioactivity expressed in the unit dpm/g wet have been found available from works by Harley (1956) and Donaldson et al (1956). Radioactivity surveys the former author reported were carried out by the cutter *Taney* in an extensive area covering from the Marshall Islands to a general vicinity of Japan during March and April 1955. The latter authors deal with another survey conducted by the USS *Walton* in the neighbourhood of Bikini and Eniwetok Atolls in July 1956. An attempt has been made here to see both the values obtained by those workers and the present counts on a comparable basis they used, in that the mean cpm (Tables 4 & 5) for plankton sampled with a 130-cm net and unusually high value with a 60-cm net have been converted into dpm/g wet. In computation, the effeciency of counter was 12% in case of K^{40} taken as a standard (see 2.3); as for the ratio, ash weight/wet weight, of

plankton, 0.012=mean for zooplankton, 0.033=mean for phytoplankton, and 0.016=mean for both plankton, were used.

The results are as follows:

for zooplankton, dpm/g wet $=109\times0.012\times2\times\frac{1}{0.12}=21.8$;

for phytoplankton, „ $=61\times0.033\times2\times\frac{1}{0.12}=33.5$;

for both plankton, „ $=94\times0.016\times2\times\frac{1}{0.12}=24.2$.

In the present survey, a plankton sample, which was horizontally hauled with a 60-cm net from a 25-m layer at N 30°51.8′, E 140°34.0′ on March 21, 1958 with the dominant being *Calanus finmarchicus*, showed the highest activity (2,913±9.9 cpm/0.5 g ash). The ash/wet-weight ratio of the sample was 0.016. Therefore, dpm/g wet of the sample $=2{,}913\times0.016\times2\times\frac{1}{0.12}=778$.

The values obtained above are generally higher than two groups of values obtained by the *Taney* from the neighbourhood of Japan in April 1955; one being 2 to 9 dpm/g wet from south of Honshu, the other 10 to 28 dpm/g wet from south of Kyushu. The highest value during the present survey is 778 dpm/g wet against the highest, 137 dpm/g wet, by her from east of Formosa.

The activity range at the Bikini and Eniwetok Atolls covered by the *Walton* in July 1956 was from 1,300 to 1,100,000 dpm/g wet, against which the levels under report are uncomparably low. Notwithstanding, reasons which keep persons concerned on the alert for the future may be associated with the transport of water masses by currents being accompanied by radioactive substances—particularly with sources, transit, and continuation of radioactivity in the sea surrounding Japan.

4.1.4. Vertical Distribution of Radioactivity Reflected on Plankton:

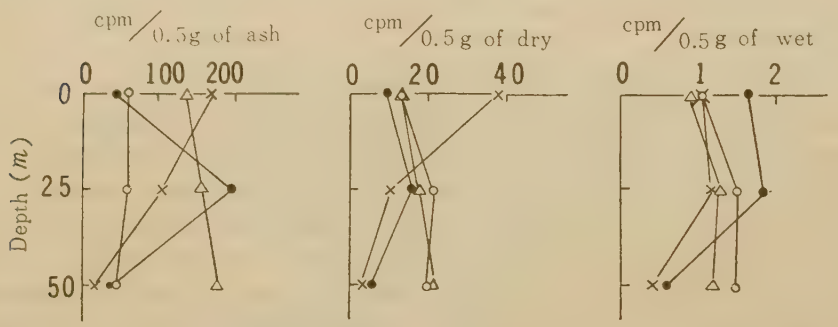
Samples simultaneously collected at different layers for studying vertical distribution of radioactive plankton were not so many as to permit detailed discussion. As far as cpm/ash is concerned, however, five out of nine sets of samples collected at three layers (0, 25 and 50 m) had the higher activity at a depth of 25 m than at any other layer. This was also true with nine sets out of 14 collected at two layers (surface and 25 m). From these data one may tentatively generalize that radioactivity in most cases would be the maximum around a 25-m layer, then diminish with the increase in depth. Referring to a single set of samples from five layers (0, 25, 50, 100, and 200 m), the activity was markedly low but still measurable at depths of 100 and 200 m. Among organisms distributed at vertical sampling stations, there seem to exist notably different composition of plankton between the surface and a layer of 25 m. It was more frequent than otherwise that the amounts of diatom and others showing inorganic matters upon drying were smaller in samples from the 25-m layer than in those from the surface,

while the water content in plankton from the lower layer was smaller than in the surface samples. With these findings, samples from three different layers (0, 25, and 50 m) were converted from the cpm/ash base to the cpm/dry or wet base. The existence of four different types of vertical distribution of radioactivity—A, B, C, and D—detected in cpm/ash enabled us to check occurring frequency of these types according to each unit of the counting. The analysis has been led to the following. The statement that radioactivity is higher at the 25-m layer than at the other layers is held also valid with cpm based on the dry weight, and still more pronounced in the case of cpm/wet (Table 7). Reasons for the highest activity occurring at the 25-m layer remain to be made clear. When the value based on ash is converted into the dry or wet base, differences in the value among the three layers become closer with each other. In Fig. 9 typical types —A, B, C, D—of vertical distribution of radioactivity based on the ash weight are

Table 7. Frequency of Occurrence by Vertical Distributional Type of Radioactivity that Varied Depending on the Base of Unit in Plankton Samples.

Type	cpm/ash w.	cpm/dry w.	cpm/wet w.
A (Count was the highest at 25 m layer)	5	5	7*
B (Count was almost the same at 3 layers)	1	0	0
C (Count fell with the depth)	1	1	0
D (Count arose with the depth)	2	2	1

* Including the cases where the counts either of 0 m and 25 m or of 50 m and 25 m were equal.



• A Type: Collected at 33°10.0′N, 140°02.7′E on Nov. 18, 1959
◦ B Type: „ 34°58.6′N, 140°01.4′E on Sept. 1, 1957
× C Type: „ 29°58.0′N, 140°59.8′E on Mar. 5, 1959
△ D Type: „ 34°55.5′N, 139°12.5′E on Nov. 16, 1958
Each type classified as such on the basis of cpm/ash.

Fig. 9. Examples Showing Various Types of Vertical Gross β Activity Distribution that Vary When Converted from cpm/ash to cpm/dry or to cpm/wet of Plankton Sample.

illustrated along with changes in cpm when converted from the ash base to the dry or wet bases, respectively.

Table 8. Amount of Sr^{90} Contained in Marine Organisms by Group

Group of Organisms	Scientific Name	Date of Collection	Locality*	Ash cont. on Wet Basis (%)	Sr^{90} $\mu\mu c$/g. ash	S.U.
Plankton	*Sergestes lucens* Hansen	Dec. 1958	Off Yaizu, Suruga Bay (1)	2.5	0.079	1.6
	Neomysis japonica Nakazawa	June 1959	Yumenoshima, Tokyo Bay (2)	1.4	0.059	0.47
	Mixed Plankton	Mar. 1959	35°09.9′ N 139°32.8′E (3)	2.8	0.044	6.0
Nekton	*Parathunnus obesus* (Lowe), Meat	Sep. 1958	16°42′N (Near 134°06′W Hawaii)	0.8	0.14	—
	Parathunnus obesus (Lowe), Bone	,,	,,	55	0.017	0.06
	Parathunnus obesus (Lowe), Bone	Jan. 1959	08°N 145°E (Caroline Is.)	23	0.048	0.12
	Neothunnus albacora (Lowe), Meat	Aug. 1958	15°11.8′N (Off 126°35′W Mexico)	1.3	0.034	—
	Neothunnus albacora (Lowe), Bone	,,	,,	51	0.012	0.04
Benthos Asteroidea	*Astropecten scoparius* Valencienne	Oct. 1957	35°20.2′N 139°46.1′E (4)	34	0.016	0.08
	Astropecten scoparius Valencienne	Nov. 1958	35°20.6′N 139°45.5′E (5)	46	0.042	0.13
	Astropecten scoparius Valencienne	Aug. 1959	35°20.3′N 139°46.0′E (6)	31	0.038	0.11
	Distolasterias nipon Döderlein	Sep. 1957	38°11.5′N 141°30.5′E (7)	11	0.11	0.33
	Ceramaster japonicus Sladen	Jan. 1959	35°03.5′N 139°24.5′E (8)	13	0.046	0.10
	Luidia quinaria v. Martens	Aug. 1959	35°20.3′N 139°46.0′E (9)	20	0.051	0.27
Ophiuroidea	Not Identified	Feb. 1959	31°31.0′N 129°21.0′E (10)	26	0.056	0.13
Pelecypoda	*Tapes japonica* (Deshayes), Meat	Aug. 1959	Urayasu, Tokyo Bay (11)	1.6	0.009	0.40
	Tapes japonica (Deshayes), Shell	,,	,, (12)	85	0.108	0.28
Coelenterata	*Stylaster?* sp.	Mar. 1959	32°56.4′N 139°57.0′E (13)	32	0.010	14.3
	Pteroeides sp.	Aug. 1959	35°20.3′N 139°46.0′E (14)	8.1	0.013	0.05
Seaweed	*Eisenia bicyclis* Setchell	Apr. 1958	Enoshima, Sagami Bay (15)	1.4	0.077	1.2
	Eisenia bicyclis Setchell	Aug. 1959	,, (16)	2.6	0.28	4.1
	Sargassum enerve Agardh	,,	,, (17)	2.8	0.16	1.4

* Numbers for localities refer to Figure 10.

4.2. Strontium-90 Survey

Representing the results of measurement, Table 8 refers to only those samples which were collected at stations shown in Fig. 10 and in which Sr^{90} was confirmed to exist by assessing the half life of Y^{90} subjected to milking.

Fig. 10. Map for Localities for the Material used for Sr^{90} Determination.
Numbers for the localities refer to Table 8.

As is evident from the table, the level of Sr^{90} in marine organisms from the sea adjacent to Japan had been usually 0.1 to 1.0 S.U., except for a few particular cases. The level corresponds to about one per cent of the level of such terrestrial plants as rice and tea, and about ten per cent of the level of cow's milk or of hard tissues of terrestrial animals (Japan Atomic Energy Commission, 1959). Presumably, however, the level in marine organisms is now on the increase, though, by slow degrees, as previously pointed out by Hiyama and Ichikawa (1957) in the case of clams.

When the activity is compared between one group of organisms and another, the levels in seaweed and plankton are higher than those in nekton and benthos. Further surveys are needed in order to interpret implication of the findings. At the present stage, nevertheless, as Hiyama and Ichikawa (1957) suggested, a possible suggestion one may offer for the phenomenon is this. In certain organisms that exist closer to the sea surface or on an intertidal zone, and thus are more vulnerable to influence of radioactive fallout than others, the level of Sr^{90} is apt to rise and that at a faster rate.

ACKNOWLEDGEMENT

The primary plan for the present investigation program has been brought into operation under request and encouragement of two authorities of the Japanese Government: one the Science and Technics Agency, the other the Agriculture, Forestry and Fisheries Technological Council. The authors have received valuable guidance and advice from Dr. Yoshio Hiyama, Professor of Tokyo University,

and Mr. Ichitaro Gensho, Director of the Tokai Regional Fisheries Research Laboratory, and innumerable cooperations from the staff members of the Marine Resources Section, Oceanographic Section of the Laboratory, as well as from all the crew of the R.V. *Soyo-Maru.*

For these helps they wish to express their profound appreciation. Thanks are also due to Mr. Masao Ishida of the Laboratory Library who has assisted them in preparing the present paper.

REFERENCES

Applied Fisheries Laboratory, University of Washington, 1950: Radiological Survey of Bikini, Eniwetok, and Likiep Atolls — July—August 1949. U.S. Atomic Energy Commission Report AECD-3446.

Bonham, K., 1958: Radioactivity of Invertebrates and Other Organisms at Eniwetok Atoll during 1954–55. U.S. Atomic Energy Commission Report UWFL-53.

Croswell, H. and R. F. Foster, 1957: Studies of Small Mouth Black Bass (*Micropterus dolomieu*) in the Columbia River near Richland, Washington. Trans. American Fisher. Assoc., 86 (1956).

Donaldson, L. R., A. H. Seymour, E. E. Held, N. O. Hines, F. G. Lowman, P. R. Olson and A. D. Welander, 1956: Survey of Radioactivity in the Sea near Bikini and Eniwetok Atolls June 11–21, 1956. U.S. Atomic Energy Commission Report UWFL-46.

Foster, R. F. and R. E. Rostenbach, 1954: Distribution of Radioisotopes in Columbia River. Jour. Amer. Water Works Assoc., 46 (7).

Foster, R. F. and J. J. Davis, 1956: The Accumulation of Radioactive Substances in Aquatic Forms. Proc. Internat. Conf. on the Peaceful Uses of Atomic Energy, Vol. 13.

Harley, J. H. (ed.), 1956: Operation Troll. U. S. Atomic Energy Commission Report No. 4656.

Harley, J. H. and I. B. Whitney (eds.), 1957: HASL Manual of Standard Procedures. U. S. Atomic Energy Commission Report NYO-4700.

Hiyama, Y., 1957: A Measure of Future Sr-90 Level from Earth Surface to Human Bone. Japanese Scientific Monthly 10 (3).

Hiyama, Y. and R. Ichikawa, 1957: A Measure on level of Strontium-90 Concentration in Sea Water Around Japan, at the End of 1956. Rec. Oceanogr. Works in Japan, N.S., 4 (1).

Japan Atomic Energy Commission, 1959: Perspectives on Radiological Surveys (*Hōshanō Chōsa no Tembō*), Japan Atomic Energy Commission. (in Japanese).

Kawabata, Y., M. Ota and R. Koike, 1959: Transition of Radioactivity in Rain-Water and Floating Dust (*Usui to Fuyū-Jin chū no Hōshanō no Suii*). Collected Abstracts of Papers read at the 1st Symposium on the Results of Radiological Survey and Investigation. Science and Technics Agency, Japan (in Japanese).

Leavitt, B. B., 1935: A Quantitative Study of the Vertical Distribution of the Larger Zooplankton in Deep Water. Biol. Bull., 68 (1).

Lowman, F. G., 1958: Radionuclides in Plankton near the Marshall Islands, 1956. U. S. Atomic Energy Commission Report UWFL-54.

Nakai, Z., K. Honjo, S. Hattori, T. Watanabe, T. Kidachi, T. Okutani, S. Kudoh, K. Umeda and Y. Kubo, 1957: The Result from Biological Surveys of Marine Organisms and their Radioactivities in the Sea of Kashima-Nada, November 1956. Survey Rept. on Marine Organisms and their Radioactivities in the Sea off the Village of Tokai-Mura, 1956. Dept. Health Physics, Japan Atomic Energy Res. Inst. (in Japanese with English Abstract).

Nakai, Z., S. Hattori, K. Honjo, T. Okutani and T. Kidachi, 1959: The Present Radioactive Status of Marine Organisms in the Sea Adjacent to Japan with a Reference to Behaviour of Deep Sea Animals, Particularly Holothurians — an Indicator of Contaminating Process of the Bottom (Abstract). Submitted to the 1st International Oceanographic Congress, New York, 1959

Research Division, Fisheries Agency, 1955a: Radiological Survey of the Sea around the Bikini Atolls (*Bikini Kaiiki ni okeru Hōshanō Eikyō Chōsa Hōkoku*) (No. I). Fisheries Agency, Japan (in Japanese).

—, 1955b: Radiological Survey of the Sea around the Bikini Atolls, investigated by the "Shunkotsu-Maru" in 1954 (No. II). Fisheries Agency, Japan (in Japanese with English abstract).

Robeck, G. G., C. Henderson and R. C. Palange, 1954: Water Quality Studies on the Columbia River. U. S. Dept. Health, Education and Welfare.

Russell, F. S., 1928: A Net for Catching Plankton near the Bottom. Jour. Mar. Biol. Assoc., U.K., 15 (1).

Radio-active Contamination of Marine Products in Japan, Contrib. from Jap. Gov. Agens. to 8th Session of Scien. Commit. on Effect of Atomic Radiation, U.N., May 1960.

A Radiochemical Study of the Pelagic Fish Contaminated by Nuclear Test*

Harumi Tozawa

Tokai Regional Fisheries Research Laboratory

In 1954, a considerable number of tuna fish landed on the various fishing ports of Japan was condemned because of its uncertainty of the nature of nuclides contained in these fish, as it was only known that the fish were heavily contaminated by radioisotopes fallout due to the detonation of U.S. nuclear test conducted on Bikini and Eniwetok Atolls. A similar type of the explosion test was tried again in 1956 near these areas of the South Pacific, and in both cases, the Japanese Government sent the research boat, Shunkotsu-Maru, to investigate

Table 1. Relative value of radioactivity in wet and ashed tissues of the condemned fish (albacore).

Tissue	Relative value of radioactivity	
	Ashed tissue**	Wet tissue***
Gall-bladder	100	100
Kidney	50	30
Liver	25	16
Intestine	18	8.5
Pyloric caeca	14	14
Heart	13	6.0
Stomach	12	4.7
Gonad	7.1	6.3
Intestine content	4.1	32
Stomach content	2.2	4.8
Dark muscle	2.1	1.5
Gill	1.0	0.5
Muscle	0.6	0.3
Eye	0.2	0.4
Clavicle	0.08	0.1
Skin	0.07	0.07

** Relative value of radioactivity in a 0.5 g portion of each ashed tissue is presented in the term of value 100 for gall-bladder.

*** Converted from the values of ashed tissues.

* Contribution B-334 from the Tokai Regional Fisheries Research Laboratory.

the sea and biological lives around the test sites.

Since then, at the Tokai Regional Fisheries Research Laboratory, works on the distribution of radioisotopes in different parts of fish body, the amount and the identification of the nuclides found, have been carried out for certain number of fish samples collected by the Shunkotsu-Maru as well from fish markets.

I. Radioactivity in the Tissues and Organs of Fish[1].

Twenty-five fish of six different kinds, including Okisawara (*Cybiidae sp.*), dolphin (*Coryphaena hippurus*), yellowfin tuna, bigeyed tuna, albacore and black marlin, were examined as to the level of radioactivity in the tissues and organs of the samples. These fish were caught at some five stations of the Pacific covering the area from 128° E to 162° E longitude and from 3° N to 33° N latitude in the 1954 season, and were condemned at the time of landing.

The contamination was most heavily indicated by such organs as liver, kidney, gall-bladder, and heart followed by pyloric caeca, stomach, intestine, reproductive glands. There was found a little radioactivity in the tissues such as skin, bones and muscle. Though the transfer of radioisotopes into muscle tissue was confirmed low, the portion of dark muscle always gave the activity of 5 to 50 times higher than that of ordinary white muscle. A typical example of the examination can be seen in Table 1.

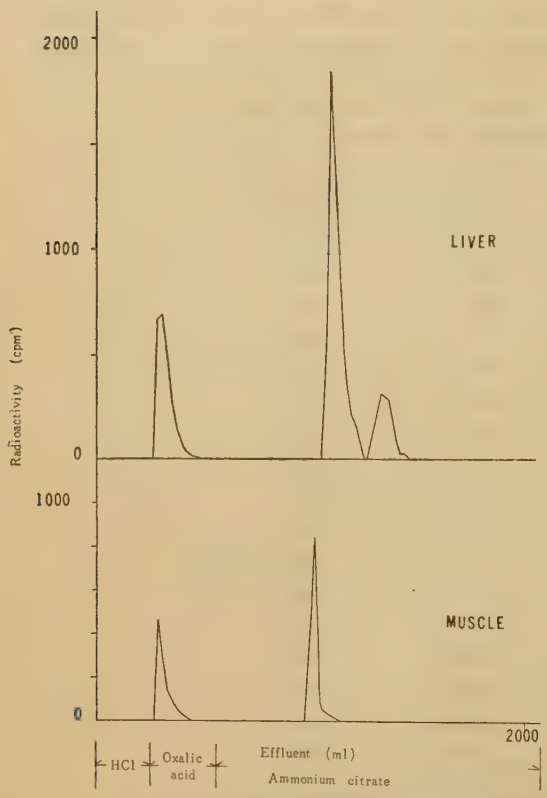


Fig. 1. Radioactivity of the elutes obtained from muscle and liver of a skipjack by Tompkins' method. The amount of ashed samples used: 0.2 g for liver, and 1.0 g for muscle.

II. Identification of Nuclides Detected in Certain Fish

A) Fe^{59}, Fe^{55} and Zn^{65} [2][3][4]: Isolation of the nuclides from ashed samples of muscle and liver tissues of a skipjack which was the most drastically contaminated sample collected in the first expedition of Shunkotsu-Maru, 1954, was conducted by Tompkins' cationic exchanger method[5], and two elutes from the muscle and three elutes from the liver were obtained, in which radioisotopes were suspect-

ed. (Fig. 1.) The elutes were subjected to Kraus & Moore's anion exchanger separation method[6], to an original group analysis of inorganic ions, measurements of half life and absorption by aluminum foil and to a scintillation spectrometry of gamma ray. Finally the presence of radio-iron, both Fe^{55} and Fe^{59}, was confirmed in the first elute, and radio-zinc (Zn^{65}) in the second elute, of both muscle and liver. However, nuclide in the third part of elution was not successfully determined at the time of examination.

B) Cd^{113m}[7]: The analysis, in almost the same fashion as before, was made for a liver sample of a yellowfin tuna which showed the highest radioactivity in the fish caught in the second expedition of Shunkotsu-Maru in 1956, and three parts of elution indicated the radioactivity. And again, two elutions out of three contained Fe^{55} and Zn^{65} exactly as discovered in the skipjack. Fe^{59} was rendered certainly not to be present. In the third elute, Cd^{113m} was confirmed to be present, as a result of trial of Kraus & Moore's method and absorption test of the nuclide. In addition, the unkown nuclide found in that third elute from the skipjack liver was also identified as Cd^{113m} after re-examination of the sample.

C) Cd^{115m}[8]: The similar test was done for the liver sample of an unidentified species of beach fish collected at Palau Is. and supplied by the U.S. In this case too, three portions of elution gave radioactivity by Tompkins' procedure and the first two were Fe^{55} and Zn^{65} and the third one was cadmium. But, the absorption and half life measurement showed that the major part of the nuclide was occupied by Cd^{115m}.

D) Sr^{90}[9]: Another examination was performed for a bigeyed tuna caught by the Shunkotsu-Maru, 1956, and a single sample of Okisawara caught by the research boat Shoyo-Maru of the Fisheries Agency, near the Bikini Atoll in 1956. Vertebrae of both fish were ashed and dissolved in fuming nitric acid

Table 2. The presence of nuclides confirmed in the tissues of fish.

Year	Species of fish	Location of catch	Tissue*	Fe^{59}	Fe^{55}	Zn^{65}	Cd^{113m}	Cd^{115m}	Sr^{90}
1954	Skipjack	15°03′N 163°15′E	L	+	+	+	+	...	...
			M	+	+	+	±	...	...
1956	Yellowfin tuna	10°10′N 157°06′E	L	−	+	+	+	...	...
	Beachfish	Palau Is.	L	...	+	+	±	+	...
	Big eyed tuna	12°03′N 157°30′E	M	...	+	...	...	...	...
			V	...	...	...	...	...	+
	Okisawara	13°02′N 156°25′E	V	...	...	...	...	...	+

...=The test was not conducted

* L=liver; M=muscle; V=vertebra

and strontium portion was separated. After the treatment of milking of yttrium fraction, the presence of Sr^{90} was manifested.

Thus, the nuclides confirmed to exist in the tissues of fish tested are summarized in Table 2.

III. Amount of Individual Nuclide

Among the identified species of nuclides, the content of Fe^{55}, Zn^{65} and Sr^{90} can be summarized as in Table 3.

Table 3. The content of Fe^{55}, Zn^{65} and Sr^{90} in the fish tissues.

Year	Species of fish	Tissue**	Fe^{55} (mμc/10g wet)	Zn^{65} (mμc/10g wet)	Sr^{90} (S.U.)
1954	Skipjack	L	880	730	...
		M	20	71	...
1956	Yellowfin tuna	L	51	2	...
	Beach fish	L	8	<1	...
	Bigeyed tuna	M	0.5*	...	...
		V	...	...	0.35
	Okisawara	V	...	...	0.77

The above figures were expressed by conversion to the values taken in June of each year respectively.

* determined for 2 g of ash

** L=liver; M=muscle; V=vertebra

No determination of nuclides or measurement of the intensity of radioactivity was done for the fish condemned when the fish were landed at fish market in 1954. Presumably, however, if the proportion of the content of each nuclide in certain fish tissue is consistent throughout different kinds of fish, then, the amount of the nuclide could have parallelism with the radioactivity of ash from these fish samples. Upon this assumption, the estimated amount of Fe^{55} in 100 g of

Table 4. Estimated amount of Fe^{55} in the fish muscle condemned at fish market (1954).

Species of fish	Number of sample	Fe^{55} (mμc/100g wet)	
		Mean	Range
Yellowfin tuna	3	14	3~31
Albacore	5	12	4~31
Bigeyed tuna	2	5	4~ 6
Black marlin	1	7	
Okisawara	7	3	1~ 5
Dolphin	6	15	4~22

wet muscle in these condemned fish are summarized in Table 4, by taking the amount of Fe^{55} of the skipjack in Table 3 as the standard.

IV. Conclusion

It was disclosed that the similar kind of nuclide was found in both samples of the contaminated fish of 1954 and 1956, but much more amount of these nuclides was noticed in 1954 samples. As to the ratio of presence of Fe^{55} and Zn^{65}, the value was found almost 25 : 1 for the liver sample of 1956, while it remained nearly 1 : 1 for the sample of 1954 (Table 3).

Besides, the radioactivity ratio of Cd^{113m} to Zn^{65} was also larger in the samples of 1956 fish than those of 1954. Therefore, the samples of 1956 can be characterized by the presence of longer-half-life nuclides superior in amount to those of 1954. This fact would indicate that the contaminated fish of 1956 might have been infected by pollution due to the 1954 nuclear test. This can be also assumed from the evidence of the yellowfin tuna liver which showed absence of Fe^{59} in 1956.

Among the nuclides confirmed by our examination, Fe^{55} could be most hazardous next to Sr^{90}. The values of Fe^{55} content in the various tissues of these contaminated fish, shown in Tables 3 and 4, will not be ignored, if we seriously consider the maximum permissible concentration of Fe^{55} in drinking water.

REFERENCES

(1) Amano, K. et. al.: Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. Vol. 20, No. 10, 907 (1955).
(2) Yamada, K. et. al.: Ibid. Vol. 20, No. 10, 916 (1955).
(3) Yamada, K. et. al.: Ibid. Vol. 20, No. 10, 921 (1955).
(4) Tozawa, H. et. al.: Ibid. Vol. 21, No. 12, 1261 (1956).
(5) Tompkins, E.P. et. al.: J. Am. Chem. Soc., 69, 2769 (1947).
(6) Kraus, K.A. & Moore, E.G.: J. Am. Chem. Soc., 73, 2900 (1951).
(7) Tozawa, H. et. al.: Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. Vol. 23, No, 6, 335 (1957).
(8) Tozawa, H.: Unpublished
(9) Tozawa, H.: Unpublished